

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2003年10月16日 (16.10.2003)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 03/085869 A1(51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H04J 11/00

(21) 国際出願番号: PCT/JP03/04475

(22) 国際出願日: 2003年4月9日 (09.04.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願2002-107105 2002年4月9日 (09.04.2002) JP  
特願2002-106059 2002年4月9日 (09.04.2002) JP(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック  
モバイルコミュニケーションズ株式会社 (PANASONIC MOBILE  
COMMUNICATIONS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒223-8639  
神奈川県横浜市港北区綱島東4-3-1 Kanagawa (JP). 日本  
電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND  
TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8116  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

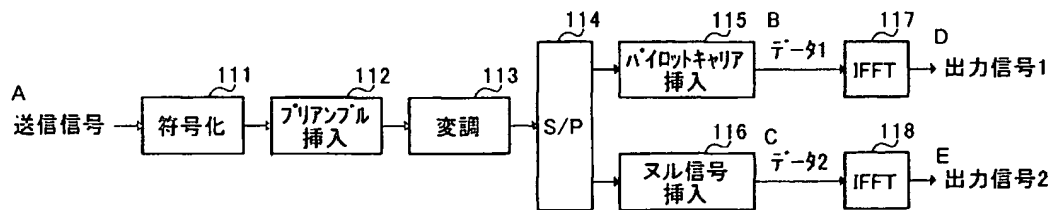
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 須藤 浩章  
(SUDO, Hiroaki) [JP/JP]; 〒224-0045 神奈川県横浜市 都筑区東方町597-20 Kanagawa (JP). 杉山 隆利  
(SUGIYAMA, Takatoshi) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都  
武蔵野市 緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ  
内 Tokyo (JP). 浅井 裕介 (ASAI, Yusuke) [JP/JP]; 〒  
180-8585 東京都 武蔵野市 緑町3丁目9-11 NTT 知  
的財産センタ内 Tokyo (JP).(74) 代理人: 鷺田 公一 (WASHIDA, Kimihito); 〒206-0034  
東京都 多摩市 鶴牧1丁目24-1 新都市センタービル  
5階 Tokyo (JP).(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,  
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,  
ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,  
LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO,  
NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL,  
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU,  
ZA, ZM, ZW.(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ,  
SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM,  
AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許  
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

[続葉有]

(54) Title: OFDM COMMUNICATION METHOD AND OFDM COMMUNICATION DEVICE

(54) 発明の名称: OFDM通信方法およびOFDM通信装置

110 送信系



110...TRANSMISSION SYSTEM  
A...TRANSMISSION SIGNAL  
111...ENCODING  
112...PREAMBLE INSERTION  
113...MODULATION  
115...PILOT CARRIER INSERTION

116...NULL SIGNAL INSERTION  
B...DATA 1  
C...DATA 2  
D...OUTPUT SIGNAL 1  
E...OUTPUT SIGNAL 2

(57) Abstract: For transmission of an OFDM signal from antennas, a pilot carrier is transmitted from only one of the antennas, and a null signal is transmitted from the other antennas on a subcarrier frequency band in which the pilot carrier is transmitted.

(57) 要約: 複数のアンテナからOFDM信号を送信する場合に、パイロットキャリアは複数のアンテナのうちいずれか1つのアンテナのみから送信し、当該アンテナ以外のアンテナからは、パイロットキャリアを送信している周波数帯域のサブキャリアによりヌル信号を送信するようにする。



OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

## 明 細 書

## OFDM通信方法およびOFDM通信装置

## 5 技術分野

本発明は、複数のアンテナを用いてそれぞれ異なるデータが重畳された複数のOFDM信号を送信する技術に関する。

## 背景技術

- 10 近年、大容量のデータを高速で伝送できる技術としてMIMO (MultiInput Multi Output) 通信等のマルチアンテナ通信が注目されている。そしてOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)通信とマルチアンテナ通信を組み合わせれば、非常に高速なデータ伝送を実現できると考えられている。
- 15 しかし、受信側で高精度の伝搬路補償や干渉補償を行わないとデータの誤り率特性が劣化することになる。

- そこで、この種のOFDM通信方法では、図1に示すように、送信側において所定のサブキャリアにパイロットシンボル等の既知信号を重畳することでパイロットキャリアを形成し、受信側ではこのパイロットキャリアに基づいて各サブキャリアの周波数オフセット等の伝搬路歪みを補償することにより、誤
- 20 り率特性の良い受信信号を得るようになっている。

またOFDM通信方法では、送信側で各サブキャリアに伝搬路推定用プリアンブルを配置したOFDM信号を送信し、受信側でこの伝搬路推定用プリアンブルに基づいて各サブキャリアの位相回転等を補償するようになっている。

- 25 実際上、送信側装置は、例えば図2に示すようなバースト単位の信号を送信する。図2に示すように、バースト単位の信号は、ガード区間(GI)、伝搬路推定用プリアンブルおよび情報信号(DATA1、……)を含むものである。バースト単位の信号において、伝搬路推定用プリアンブルは、IFFT(逆

高速フーリエ変換) 処理がなされており、情報信号は、所定の変調処理および I F F T 処理がなされている。

受信側装置は、I F F T 処理された伝搬路推定用プリアンブルと、受信したバースト単位の信号 (受信信号) における伝搬路推定プリアンブルとの相関値  
5 を算出することにより、F F T (高速フーリエ変換) 処理の開始タイミングを検出する。この後、受信側装置は、検出された開始タイミングに従って、受信信号に対して F F T 処理を行うことにより、受信信号から伝搬路推定用プリアンブルおよび情報信号を抽出する。さらに、受信側装置は、抽出した伝搬路推定用プリアンブルを用いて伝搬路の推定を行い、伝搬路推定結果を用いて情報  
10 信号の復調を行う。これにより、受信側装置は復調信号を取り出すことができる。

次に図 3 を用いて、M I M O 技術を用いた O F D M 通信装置の送受信の原理を説明する。図 3 では、2 つのアンテナ A N 1、A N 2 を有する O F D M 通信装置 (T X) 1 から 2 つのアンテナ A N 3、A N 4 を有する O F D M 通信装置  
15 (R X) 2 に O F D M 信号を送信する場合について説明する。ここで O F D M 通信装置 1 の各アンテナ A N 1、A N 2 から送信される信号をそれぞれ T X 1、T X 2 とする。また O F D M 通信装置 2 の各アンテナ A N 3、A N 4 により受信される信号をそれぞれ R X 1、R X 2 とする。すると、受信信号 R X 1、R X 2 はそれぞれ次式で表すことができる。

$$20 \quad R X 1 = A T X 1 + B T X 2 \quad \cdots \cdots \quad (1)$$

$$R X 2 = C T X 1 + D T X 2 \quad \cdots \cdots \quad (2)$$

但し、(1) 式、(2) 式において、A は送信アンテナ A N 1 と受信アンテナ A N 3 との間の伝搬路特性、B は送信アンテナ A N 2 と受信アンテナ A N 3 との間の伝搬路特性、C は送信アンテナ A N 1 と受信アンテナ A N 4 との間の  
25 伝搬路特性、D は送信アンテナ A N 2 と受信アンテナ A N 4 との間の伝搬路特性を表すものとする。

図 4 (A)、(B) 及び図 5 (A)、(B) に、O F D M 通信装置 1 から送

信されるOFDM送信信号のフレームフォーマットを示す。図4 (A)、(B)はパイロットキャリアに着目したフレームフォーマットを示し、図5 (A)、(B)は伝搬路推定用プリアンプルに着目したフレームフォーマットを示す。すなわちアンテナAN1からは図4 (A)に示すOFDM信号が送信され、アンテナAN2からは図4 (B)に示すOFDM信号が送信される。また図4 (A)、(B)において、例えばDATA1 (N, K)とは、DATA1が示されている時間及び周波数にデータ1に関するNシンボル目がK番目のサブキャリアで送信されていることを表す。また図5 (A)、(B)における伝搬路推定用プリアンプル(1, k)とは、伝搬路推定用プリアンプル(1, k)が示されている時間及び周波数に伝搬路推定用プリアンプルの1シンボル目がk番目のサブキャリアで送信されていることを表す。

ここで受信信号から、上述した送信信号TX1とTX2を受信復調するためには、4つの伝搬路特性A、B、C、Dを推定する必要がある。このためOFDM通信装置1では、送信信号に伝搬路推定用プリアンプルを挿入したり、特定のサブキャリアをパイロットキャリアとしたOFDM信号を送信する。このOFDM信号を受信するOFDM通信装置2では、この伝搬路推定用プリアンプルやパイロットキャリアに基づいて伝搬路特性を求める。

4つの伝搬路特性A~Dは、OFDM通信装置2 (図3)において、以下のようにして推定することができる。伝搬路特性AはアンテナAN1から送信された伝搬路推定用プリアンプルをアンテナAN3で受信し、アンテナAN3に対応した信号処理部により求める。特性BはアンテナAN2から送信された伝搬路推定用プリアンプルをアンテナAN3で受信し、アンテナAN3に対応した信号処理部により求める。特性CはアンテナAN1から送信された伝搬路推定用プリアンプルをアンテナAN4で受信し、アンテナAN4に対応した信号処理部により求める。特性DはアンテナAN2から送信された伝搬路推定用プリアンプルをアンテナAN4で受信し、アンテナAN4に対応した信号処理部により求める。

次に、OFDM通信装置2は、推定した4つの伝搬路特性A～Dを用いて、以下の式で表す処理を行うことにより、各アンテナAN1、AN2から送信された信号TX1、TX2を受信復調することができる。

$$\begin{aligned}
 & \text{DRX1} / (\text{AD} - \text{BC}) - \text{BRX2} / (\text{AD} - \text{BC}) \\
 5 \quad & = \text{D} (\text{ATX1} + \text{BTX2}) / (\text{AD} - \text{BC}) - \text{B} (\text{DTX1} + \text{DTX2}) / (\text{AD} - \text{BC}) \\
 & = (\text{ADTX1} + \text{BDTX2} - \text{BCTX1} - \text{BDTX2}) / (\text{AD} - \text{BC}) \\
 & = \text{TX1} \quad \dots\dots\dots (3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & -\text{CRX1} / (\text{AD} - \text{BC}) - \text{ARX2} / (\text{AD} - \text{BC}) \\
 10 \quad & = -\text{C} (\text{ATX1} + \text{BTX2}) / (\text{AD} - \text{BC}) + \text{A} (\text{CTX1} + \text{DTX2}) / (\text{AD} - \text{BC}) \\
 & = (-\text{ACTX1} - \text{BCTX2} + \text{ACTX1} - \text{ADTX2}) / (\text{AD} - \text{BC}) \\
 & = \text{TX2} \quad \dots\dots\dots (4)
 \end{aligned}$$

實際上、伝搬路推定用プリアンブルは以下のように送信される。すなわちアンテナAN1から伝搬路推定用プリアンブルが送信されている時間は、アンテナAN2からは伝搬路推定用プリアンブルを送信しないようにしている。同様に、アンテナAN2から伝搬路推定用プリアンブルが送信されている時間は、アンテナAN2からは伝搬路推定用プリアンブルを送信しないようにしている。

また一般にパイロットキャリアは、周波数オフセット検出誤差等による残留位相誤差を補償するために用いられる。すなわち受信時には、パイロットキャリアに重畳された既知信号(パイロット信号)を用いて残留位相誤差を検出し、補償する。實際上、図4(A)、(B)に示すように、特定のサブキャリアをパイロットキャリアとして送信する。図4(A)、(B)に示す例では、2k+1個のサブキャリアのうち、アンテナAN1の4つのサブキャリアをパイロットキャリアとして送信する。

図6は、OFDM通信装置1の送信系の構成を示す。送信系10では、まず送信信号が符号化部11により符号化される。符号化後の信号はプリアンブル

挿入部 1 2 によりプリアンブルが挿入され、続くパイロットキャリア挿入部 1 3 により特定のサブキャリアがパイロットキャリアとなる位置に既知信号（パイロット信号）が挿入される。

- 変調部 1 4 により変調処理が施された信号はシリアルパラレル変換部（S/P） 1 5 によりシリアルパラレル変換されることにより 2 系統に分けられる。2 系統に分けられた各信号は逆高速フーリエ変換部（IFFT） 1 6、1 7 により逆高速フーリエ変換処理されることにより、各 IFFT 1 6、1 7 により直交周波数分割多重されて OFDM 信号が得られる。ここで IFFT 1 6 の出力信号 1 は、図示しない無線送信部により所定周波数の搬送波に重畳された後、
- 10 アンテナ AN 1（図 3）から発信される。同様に IFFT 1 7 の出力信号 2 は、図示しない無線送信部により所定周波数の搬送波に重畳された後、アンテナ AN 2（図 3）から発信される。

- 図 7 は、OFDM 通信装置 2（図 3）の受信系の構成を示す。受信系 2 0 では、アンテナ AN 3 で受信された受信信号が図示しない無線受信部を介して高速フーリエ変換部（FFT） 2 1 の入力信号 1 として入力される。またアンテナ AN 4 で受信された受信信号が図示しない無線受信部を介して高速フーリエ変換部（FFT） 2 2 の入力信号 2 として入力される。
- 15

- FFT 2 1 は入力信号 1 に対して高速フーリエ変換処理を施すことにより、各サブキャリア毎の受信信号を得る。FFT 2 1 により得られたサブキャリア
- 20 毎の受信信号は伝搬路推定部 2 3、及び伝搬路補償・干渉補償部 2 4、2 6 にそれぞれ送出される。入力信号 2 は FFT 2 2 により各サブキャリア毎の受信信号とされ、この受信信号が伝搬路推定部 2 5、及び伝搬路補償・干渉補償部 2 6、2 4 にそれぞれ送出される。

- 伝搬路推定部 2 3 は、受信信号に挿入されたプリアンブルに基づいて、図 3
- 25 について上述した伝搬路特性 A、B を推定する。同様に伝搬路推定部 2 5 は、受信信号に挿入されたプリアンブルに基づいて、伝搬路特性 C、D を推定する。

係数算出部 2 7 は伝搬路推定部 2 3、2 5 により得られた伝搬路特性 A、B、

C、Dを用いて、伝搬路補償及び干渉補償するための係数 $A/(AD-BC)$ 、 $B/(AD-BC)$ 、 $C/(AD-BC)$ 、 $D/(AD-BC)$ を求める。係数算出部27は、図8に示すように構成されている。伝搬路推定部23、25により得られた4つの伝搬路特性A、B、C、Dはそれぞれ各メモリ41~44に格納される。乗算部46ではADが得られ、乗算部45ではBCが得られる。減算部47では $AD-BC$ が得られる。除算部48、49、50、51では、それぞれ $A/(AD-BC)$ 、 $B/(AD-BC)$ 、 $C/(AD-BC)$ 、 $D/(AD-BC)$ が得られる。

図7に戻って説明を続ける。伝搬路補償・干渉補償部24は係数算出部27で求められた係数を用いて受信信号に対して(3)式で表される演算を行うことにより、伝搬路補償及び干渉補償した受信信号TX1を形成する。同様に、伝搬路補償・干渉補償部26は係数算出部27で求められた係数を用いて受信信号に対して(4)式で表される演算を行うことにより、伝搬路補償及び干渉補償した受信信号TX2を形成する。

伝搬路補償・干渉補償後の受信信号TX1は、残留位相誤差検出部28及び位相補償部29に送出され、同様に伝搬路補償・干渉補償後の受信信号TX2は、残留位相誤差検出部28及び位相補償部30に送出される。残留位相誤差検出部28は、パイロットキャリアにより伝送された既知信号を用いて、2つの受信信号TX1、TX2における残留位相誤差を検出し、これを位相補償部29、30に送出する。

位相補償部29、30では、それぞれ受信信号TX1、TX2に対して残留位相誤差ぶんだけ位相を回転させることにより、位相補償処理を行う。位相補償後の2つの受信信号はパラレルシリアル変換部(P/S)31によりシリアル信号とされ、続く復号化部32により復号されることにより、送信信号に対応する受信信号が得られる。

しかしながら、従来のOFDM通信装置においては、図4(A)、(B)からも分かるように、一方のアンテナから送信された既知信号(パイロットキャ



リア) には、他方のアンテナから送信されたデータが干渉として重畳される。このため、残留位相誤差を検出するためには、既知信号に重畳された干渉成分を除去する必要となる。

- しかし、マルチパスによる、符号間干渉、タイミング誤差および周波数オフ
- 5 セット検出誤差等が存在する場合、上記干渉除去特性が劣化する。この結果、干渉成分が既知信号に残留するため、誤り率特性が大きく劣化する問題がある。

また従来のOFDM通信装置においては、図5 (A)、(B) にも示したように、送信アンテナAN1と送信アンテナAN2とでは、伝搬路推定用プリアンブルを送信する時間が異なる。

- 10 このため、2つの受信アンテナAN3、AN4により得られた受信信号RX1、RX2に残留位相誤差が存在する場合、各伝搬路推定用プリアンブルで推定した伝搬路推定結果には残留位相誤差が存在することになる。残留位相誤差が存在する場合、当該残留位相誤差が伝搬路推定誤差となるため、受信側での誤り率特性が大きく劣化する。このように従来のOFDM通信装置では、残留
- 15 位相誤差が存在することにより誤り率特性が大きく劣化する欠点がある。

## 発明の開示

- 本発明の目的は、OFDM通信とマルチアンテナ通信を組み合わせた場合に、既知信号（パイロットキャリア）が干渉を受けることに起因する残留位相誤差
- 20 の検出精度の劣化を防ぐと共に、伝搬路推定用プリアンブルの時間差に起因する伝搬路推定結果の残留位相誤差の偏差を抑制することにより、誤り率特性の向上したOFDM通信方法及びOFDM通信装置を提供することである。

- この目的は、複数のアンテナからそれぞれ異なるデータが重畳されたOFDM信号を送信し、当該OFDM信号の特定のサブキャリアにより既知信号を送
- 25 信する場合に、OFDM信号に適宜ヌル信号を挿入することにより達成される。

そして既知信号とヌル信号の関係として、第1に、パイロットキャリアは複数のアンテナのうちいずれか1つのアンテナのみから送信し、当該アンテナ以

外のアンテナからは、パイロットキャリアを送信している周波数帯域のサブキャリアによりヌル信号を送信するようにする。これにより、既知信号（パイロットキャリア）干渉を受けることに起因する残留位相誤差の検出精度の劣化を防ぐことができる。

- 5     また第2に、複数のOFDM信号間での同一時間の同一周波数のサブキャリアについて、1つのサブキャリアに伝搬路推定用プリアンブルを配置し、他のサブキャリアにはヌル信号を配置すると共に、各OFDM信号で少なくとも1つのサブキャリアには伝搬路推定用プリアンブルを配置するようにする。これにより、伝搬路推定用プリアンブルの時間差に起因する伝搬路推定結果の残留
- 10   位相誤差の偏差を抑制することができる。

#### 図面の簡単な説明

- 図1は、OFDM信号におけるパイロットシンボルの配置例を示す図；
- 図2は、OFDM信号のフレーム構成を示す図；
- 15   図3は、OFDM通信システムでの伝搬路推定の説明に供する図；
- 図4（A）は、従来のOFDM信号におけるパイロットキャリアとデータ信号との関係を示す図；
- 図4（B）は、従来のOFDM信号におけるパイロットキャリアとデータ信号との関係を示す図；
- 20   図5（A）は、従来のOFDM信号における伝搬路推定用プリアンブルとデータ信号との関係を示す図；
- 図5（B）は、従来のOFDM信号における伝搬路推定用プリアンブルとデータ信号との関係を示す図；
- 図6は、従来のOFDM通信装置の送信系の構成を示すブロック図；
- 25   図7は、従来のOFDM通信装置の受信系の構成を示すブロック図；
- 図8は、係数算出部の構成を示すブロック図；
- 図9（A）は、実施の形態1のOFDM信号におけるパイロットキャリアと

データ信号との関係を示す図；

図 9 (B) は、実施の形態 1 の OFDM 信号におけるヌル信号とデータ信号との関係を示す図；

図 10 は、実施の形態における OFDM 通信システムの全体構成を示す図；

5 図 11 は、実施の形態 1 における OFDM 通信装置の送信系の構成を示すブロック図；

図 12 は、実施の形態 1 における OFDM 通信装置の受信系の構成を示すブロック図；

図 13 (A) は、実施の形態 2 の OFDM 信号におけるパイロットキャリア、  
10 ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

図 13 (B) は、実施の形態 2 の OFDM 信号におけるパイロットキャリア、ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

図 14 は、実施の形態 2 における OFDM 通信装置の送信系の構成を示すブロック図；

15 図 15 (A) は、実施の形態 3 の OFDM 信号におけるパイロットキャリア、ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

図 15 (B) は、実施の形態 3 の OFDM 信号におけるパイロットキャリア、ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

図 16 は、実施の形態 3 における OFDM 通信装置の送信系の構成を示すブ  
20 ロック図；

図 17 (A) は、実施の形態 4 の OFDM 信号におけるパイロットキャリア、ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

図 17 (B) は、実施の形態 4 の OFDM 信号におけるパイロットキャリア、ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

25 図 18 は、実施の形態 4 における OFDM 通信装置の送信系の構成を示すブロック図；

図 19 (A) は、実施の形態 5 の OFDM 信号におけるパイロットキャリア、

ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

図19(B)は、実施の形態5のOFDM信号におけるパイロットキャリア、ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

図20は、実施の形態5におけるOFDM通信装置の送信系の構成を示すブ

5 ロック図；

図21(A)は、実施の形態6のOFDM信号におけるパイロットキャリア、ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

図21(B)は、実施の形態6のOFDM信号におけるパイロットキャリア、ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

10 図22は、実施の形態6におけるOFDM通信装置の送信系の構成を示すブロック図；

図23(A)は、実施の形態7のOFDM信号におけるパイロットキャリア、ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

図23(B)は、実施の形態7のOFDM信号におけるパイロットキャリア、

15 ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

図24は、実施の形態7におけるOFDM通信装置の送信系の構成を示すブロック図；

図25は、実施の形態8におけるOFDM通信装置の受信系の構成を示すブロック図；

20 図26は、直流オフセット除去回路の構成を示すブロック図；

図27は、実施の形態9におけるOFDM通信装置の送信系の構成を示すブロック図；

図28は、実施の形態10におけるOFDM通信装置の送信系の構成を示すブロック図；

25 図29は、実施の形態11におけるOFDM通信装置の端末の送信系の構成を示すブロック図；

図30は、実施の形態11におけるOFDM通信装置の受信系の構成を示す

ブロック図；

図31は、実施の形態12におけるOFDM通信装置の送信系の構成を示すブロック図；

図32は、実施の形態12におけるOFDM通信装置の受信系の構成を示す  
5 ブロック図；

図33は、実施の形態13におけるOFDM通信装置の構成を示すブロック図；

図34は、実施の形態14におけるOFDM通信装置の受信系の構成を示すブロック図；

10 図35は、実施の形態15におけるOFDM通信装置の受信系の構成を示すブロック図；

図36は、実施の形態16におけるOFDM通信装置の受信系の構成を示すブロック図；

図37は、実施の形態17におけるOFDM通信装置の受信系の構成を示す  
15 ブロック図；

図38は、実施の形態18におけるOFDM通信装置の送信系の構成を示すブロック図；

図39は、実施の形態19におけるOFDM通信システムの全体構成を示す概略図；

20 図40は、実施の形態19におけるOFDM通信装置の送信系の構成を示すブロック図；

図41は、実施の形態20におけるOFDM通信装置の送信系の構成を示すブロック図；

図42は、実施の形態20におけるOFDM通信装置の受信系の構成を示す  
25 ブロック図；

図43は、伝搬路トラッキング部の構成を示すブロック図；

図44は、実施の形態21におけるOFDM通信装置の送信系の構成を示す

ブロック図；

図 4 5 は、実施の形態 2 2 における OFDM 通信装置の受信系の構成を示す  
ブロック図；

図 4 6 (A) は、実施の形態 2 3 の OFDM 信号における伝搬路推定用プリ  
5 アンブル、ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

図 4 6 (B) は、実施の形態 2 3 の OFDM 信号における伝搬路推定用プリ  
アンブル、ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

図 4 7 は、実施の形態 2 3、2 4 の OFDM 通信装置の送信系の構成を示す  
ブロック図；

10 図 4 8 は、実施の形態 2 3 ~ 2 6 の OFDM 通信装置の受信系の構成を示す  
ブロック図；

図 4 9 は、実施の形態 2 3 の係数算出部の構成を示すブロック図；

図 5 0 は、補間部の構成を示すブロック図；

図 5 1 (A) は、実施の形態 2 4 の OFDM 信号における伝搬路推定用プリ  
15 アンブル、ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

図 5 1 (B) は、実施の形態 2 4 の OFDM 信号における伝搬路推定用プリ  
アンブル、ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

図 5 2 は、実施の形態 2 4 の係数算出部の構成を示すブロック図；

図 5 3 (A) は、実施の形態 2 5 の OFDM 信号における伝搬路推定用プリ  
20 アンブル、ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

図 5 3 (B) は、実施の形態 2 5 の OFDM 信号における伝搬路推定用プリ  
アンブル、ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

図 5 4 は、実施の形態 2 5 の OFDM 通信装置の送信系の構成を示すブロッ  
ク図；

25 図 5 5 は、実施の形態 2 5 の動作の説明に供する I - Q 平面図；

図 5 6 (A) は、実施の形態 2 6 の OFDM 信号における伝搬路推定用プリ  
アンブル、ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

図56 (B) は、実施の形態26のOFDM信号における伝搬路推定用プリアンブル、ヌル信号、データ信号の関係を示す図；

及び

図57は、実施の形態26の係数算出部の構成を示すブロック図である。

5

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。

実施の形態1～22では、本発明によるパイロットキャリア、ヌル信号、データ信号の関係について説明すると共に、実施の形態23～26では、本発明  
10 による伝搬路推定用プリアンブル、ヌル信号、データ信号の関係について説明する。

(実施の形態1)

図9 (A)、(B) に、本発明の実施の形態1のOFDM通信装置から送信されるOFDM信号の模式図を示す。この実施の形態では、異なる2つの送信  
15 データから2つのOFDM信号を形成し、これを異なるアンテナから送信する場合について説明する。図9 (A) に示すOFDM信号は第1の送信データ (DATA 1) が重畳されたOFDM信号であり、第1のアンテナから送信される。図9 (B) に示すOFDM信号は第2の送信データ (DATA 2) が重畳されたOFDM信号であり第2のアンテナから送信される。

20 この実施の形態では、図9 (A)、(B) に示すように、一方のアンテナの特定のサブキャリアを既知信号が重畳されたパイロットキャリアとし、他方のアンテナからはパイロットキャリアを出力せず、かつパイロットキャリアと同じ周波数であるサブキャリアをヌル信号が重畳されたサブキャリア (つまりなんの信号も重畳されていない搬送波のみのサブキャリア) とする。これにより、  
25 パイロットキャリアは、伝搬路上での干渉を受けないことにより、受信側では干渉を受けていない既知信号を得ることができる。

因みに、図9 (A)、(B) において、例えばDATA 1 (N, K) とは、

DATA 1 が示されている時間及び周波数にデータ 1 に関する N シンボル目が K 番目のサブキャリアで送信されていることを表す。従って、この実施の形態では、 $2k+1$  個のサブキャリアのうち、アンテナ AN 1 の 4 つのサブキャリアをパイロットキャリアとして送信するようになっている。

- 5 図 10 に、実施の形態 1 の OFDM 通信装置を用いた OFDM 通信システムの構成を示す。図 10 では、2 つのアンテナ AN 1、AN 2 を有する OFDM 通信装置 (TX) 101 から 2 つのアンテナ AN 3、AN 4 を有する OFDM 通信装置 (RX) 102 に OFDM 信号を送信する場合について説明する。ここで各アンテナ AN 1、AN 2 から送信される信号を、それぞれ TX 1、TX 10  
2 とする。また各アンテナで受信される信号をそれぞれ RX 1、RX 2 とすると、RX 1、RX 2 はそれぞれ次式で示すことができる。

$$RX 1 = A TX 1 + B TX 2 \quad (5)$$

$$RX 2 = C TX 1 + D TX 2 \quad (6)$$

- 但し、(5) 式、(6) 式において、A は送信アンテナ AN 1 と受信アンテナ AN 3 との間の伝搬路特性、B は送信アンテナ AN 2 と受信アンテナ AN 3  
15 との間の伝搬路特性、C は送信アンテナ AN 1 と受信アンテナ AN 4 との間の伝搬路特性、A は送信アンテナ AN 2 と受信アンテナ AN 4 との間の伝搬路特性を表すものとする。

- ここで受信信号から、送信信号 TX 1 と TX 2 を受信復調するためには、4  
20 つの伝搬路特性 A、B、C、D を推定する必要がある。そこで OFDM 通信装置 101 は各アンテナ AN 1、AN 2 から伝搬路推定用プリアンプルを送信する。實際上、伝搬路推定用プリアンプルは以下のように送信される。すなわちアンテナ AN 1 から伝搬路推定用プリアンプルが送信されている時間は、アンテナ AN 2 からは伝搬路推定用プリアンプルを送信しないようにしている。同様に、アンテナ AN 2 から伝搬路推定用プリアンプルが送信されている時間は、  
25 アンテナ AN 2 からは伝搬路推定用プリアンプルを送信しないようにしている。



4つの伝搬路特性A～Dは、OFDM通信装置102において、伝搬路推定用プリアンプルを用いて、以下のようにして推定することができる。伝搬路特性AはアンテナAN1から送信された伝搬路推定用プリアンプルをアンテナAN3で受信し、アンテナAN3に対応した信号処理部により求める。特性BはアンテナAN2から送信された伝搬路推定用プリアンプルをアンテナAN3で受信し、アンテナAN3に対応した信号処理部により求める。特性CはアンテナAN1から送信された伝搬路推定用プリアンプルをアンテナAN4で受信し、アンテナAN4に対応した信号処理部により求める。特性ADはアンテナAN2から送信された伝搬路推定用プリアンプルをアンテナAN4で受信し、アンテナAN4に対応した信号処理部により求める。

次に、OFDM通信装置102は、推定した4つの伝搬路特性A～Dを用いて、以下の式で表す処理を行うことにより、各アンテナAN1、AN2から送信された信号TX1、TX2を受信復調することができる。

$$\begin{aligned}
 & \text{DRX1} / (\text{AD} - \text{BC}) - \text{BRX2} / (\text{AD} - \text{BC}) \\
 15 \quad & = \text{D} (\text{ATX1} + \text{BTX2}) / (\text{AD} - \text{BC}) - \text{B} (\text{DTX1} + \text{DTX2}) / (\text{AD} - \text{BC}) \\
 & = (\text{ADTX1} + \text{BDTX2} - \text{BCTX1} - \text{BDTX2}) / (\text{AD} - \text{BC}) \\
 & = \text{TX1} \quad \dots\dots\dots (7)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & -\text{CRX1} / (\text{AD} - \text{BC}) - \text{ARX2} / (\text{AD} - \text{BC}) \\
 20 \quad & = -\text{C} (\text{ATX1} + \text{BTX2}) / (\text{AD} - \text{BC}) + \text{A} (\text{CTX1} + \text{DTX2}) / (\text{AD} - \text{BC}) \\
 & = (-\text{ACTX1} - \text{BCTX2} + \text{ACTX1} - \text{ADTX2}) / (\text{AD} - \text{BC}) \\
 & = \text{TX2} \quad \dots\dots\dots (8)
 \end{aligned}$$

パイロットキャリアは、周波数オフセット検出誤差等による残留位相誤差を補償するために用いられる。すなわち受信時には、パイロットキャリアに重畳された既知信号を用いて残留位相誤差を検出し、周波数オフセット検出誤差等による残留位相誤差を補償する。

図11は、OFDM通信装置101の送信系の構成を示すブロック図である。

図11において、110は全体として、本発明の実施の形態1に係るOFDM通信装置101の送信系の構成を示す。送信信号は符号化部111に入力され、当該符号化部111により符号化処理され、符号化処理後の信号はプリアンブル挿入部112に送出される。

- 5      この実施の形態の場合、送信信号は2つのデータ1、データ2がフレーム単位で交互に時分割多重された信号となっている。例えば期間Tの間はNシンボル分のデータ1の信号が符号化部111に入力され、続く期間Tの間はNシンボル分のデータ2が符号化部111に入力されるようになっている。

- 10      プリアンブル挿入部112は、上述したように、アンテナAN1から伝搬路推定用プリアンブルが送信されている時間は、アンテナAN2からは伝搬路推定用プリアンブルが送信されず、アンテナAN2から伝搬路推定用プリアンブルが送信されている時間は、アンテナAN2からは伝搬路推定用プリアンブルが送信されないような所定位置に伝搬路推定用プリアンブルを挿入する。

- 15      変調部113は入力データに対して、例えばBPSK(Binary Phase Shift Keying)、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)や16値QAM(Quadrature Amplitude Modulation)等のデジタル変調処理を施す。変調後の信号はシリアルパラレル変換部(S/P)114によりデータ1とデータ2に分けられ、データ1はパイロットキャリア挿入部115に、データ2はヌル信号挿入部116に送出される。

- 20      パイロットキャリア挿入部115はデータ1の所定位置に既知信号を挿入する。ヌル信号挿入部116は、データ2に対して、パイロットキャリア挿入部115により既知信号が挿入された位置に対応する位置にヌル信号(すなわち信号レベルが0の信号)を挿入する。

- 25      各IFFT117、118は、それぞれ入力データ1、データ2に対して逆高速フーリエ変換処理を施すことにより周波数分割多重し、図9(A)、(B)に示すようなOFDM信号を形成する。逆高速フーリエ変換処理後の各出力信号1、2は、図示しない乗算器によりそれぞれ所定周波数の搬送波に重畳され、

またバンドパスフィルタにより所定の周波数帯域に帯域制限された後、アンテナAN1、アンテナAN2からそれぞれ発信される。

図12は、図11の送信系110を有するOFDM通信装置101から送信されたOFDM信号を受信するOFDM通信装置102の受信系の構成を示す。受信系120では、アンテナAN3で受信された受信信号が図示しない無線受信部を介して高速フーリエ変換部(FFT)121の入力信号1として入力される。またアンテナAN4で受信された受信信号が図示しない無線受信部を介して高速フーリエ変換部(FFT)122の入力信号2として入力される。

FFT121は入力信号1に対して高速フーリエ変換処理を施すことにより、各サブキャリア毎の受信信号を得る。FFT121により得られたサブキャリア毎の受信信号は伝搬路推定部123、及び伝搬路補償・干渉補償部124、126にそれぞれ送出される。入力信号2はFFT122により各サブキャリア毎の受信信号とされ、この受信信号が伝搬路推定部125、及び伝搬路補償・干渉補償部126、124にそれぞれ送出される。

伝搬路推定部123は、受信信号に挿入されたプリアンプルに基づいて、図10について上述した伝搬路特性A、Bを推定する。同様に伝搬路推定部125は、受信信号に挿入されたプリアンプルに基づいて、伝搬路特性C、Dを推定する。

係数算出部127は伝搬路推定部123、125により得られた伝搬路特性A、B、C、Dを用いて、伝搬路補償及び干渉補償するための係数 $A/(AD-BC)$ 、 $B/(AD-BC)$ 、 $C/(AD-BC)$ 、 $D/(AD-BC)$ を求める。係数算出部127は、図8について上述した係数算出部27と同様の構成なのでここでの詳しい説明は省略する。

伝搬路補償・干渉補償部124は係数算出部127で求められた係数を用いて受信信号に対して(7)式で表される演算を行うことにより、伝搬路補償及び干渉補償を施した受信信号TX1を形成する。同様に、伝搬路補償・干渉補償部126は係数算出部127で求められた係数を用いて受信信号に対して

(8) 式で表される演算を行うことにより、伝搬路補償及び干渉補償を施した受信信号TX2を形成する。

ここで係数算出部127により求められた係数は、選択部128、129により選択された後、各伝搬路補償・干渉補償部124、126に入力される。

- 5 具体的には、選択部128、129は既知信号の場合とデータの場合とで伝搬路推定結果を選択して伝搬路補償・干渉補償部124、126に出力する。

- 伝搬路補償・干渉補償後の受信信号TX1は、残留位相誤差検出部130及び位相補償部131に送出され、同様に伝搬路補償・干渉補償後の受信信号TX2は、残留位相誤差検出部130及び位相補償部132に送出される。残留
- 10 位相誤差検出部130は、パイロットキャリアにより伝送された既知信号を用いて、2つの受信信号TX1、TX2における残留位相誤差を検出し、これを位相補償部131、132に送出する。

- 位相補償部131、132では、それぞれ受信信号TX1、TX2に対して残留位相誤差ぶんだけ位相を回転させることにより、位相補償処理を行う。位
- 15 相補償後の2つの受信信号はパラレルシリアル変換部(P/S)133によりシリアル信号とされ、続く復号化部134により復号されることにより、送信信号に対応する受信信号が得られる。

- 以上の構成において、OFDM通信装置101では、一方のアンテナAN1から所定のサブキャリアをパイロットキャリアとしたOFDM信号を送信する(図9(A))。またOFDM通信装置101は、他方のアンテナAN2からはパイロットキャリアに対応するサブキャリアをヌル信号としたOFDM信号を送信する(図9(B))。
- 20

- この結果、既知信号は伝搬路上でデータ信号による干渉を受けないため、OFDM信号を受信復調するOFDM通信装置102では、既知信号について干
- 25 渉補償する必要がなくなる。具体的に、受信系120に当てはめて説明すると、既知信号を送信したサブキャリアについては、伝搬路補償・干渉補償部124、126によって、伝搬路推定部123、125及び係数算出部127により得

られた伝搬路推定結果を用いて伝搬路補償のみを行い、干渉補償をする必要がない。

残留位相誤差検出部 130 では、干渉による影響のほとんど無い既知信号に基づいて2つの受信信号TX1、TX2における残留位相誤差を検出できるので、高精度の残留位相誤差を得ることができる。この結果、残留位相誤差の位相補償を行う位相補償部131、132では、高精度の残留位相誤差検出結果を使って位相補償でき、最終的に誤り率特性の向上した受信信号を得ることができるようになる。

以上の構成によれば、複数のアンテナAN1、AN2からOFDM信号を送信する場合に、一方のアンテナAN1の特定のサブキャリアを既知信号が重畳されたパイロットキャリアとし、他方のアンテナAN2からはパイロットキャリアを出力せず、かつパイロットキャリアと同じ周波数であるサブキャリアをヌル信号が重畳されたサブキャリアとしたことにより、パイロットキャリアの伝搬路上での干渉を防止することができるので、高精度の残留位相誤差を検出できる。この結果、誤り率特性の向上した受信信号を得ることができる。

なおこの実施の形態では、2本のアンテナAN1、AN2から2つのOFDM信号を送信し、2本のアンテナAN3、AN4で受信する場合について述べたが、本発明はこれに限らず、任意の本数のアンテナを用いて任意の数のOFDM信号を送受信する場合に適用可能である。このことは、後述する実施の形態でも同様である。

#### (実施の形態2)

この実施の形態のOFDM通信装置の特徴は、図13(A)、(B)に示すように、パイロットキャリアを送信するアンテナを可変としたことである。これにより、実施の形態1と比較して、一段と高精度の残留位相誤差を検出できる。

例えば一方のOFDM通信装置が移動局に搭載され、その移動局の移動速度が遅い場合や、両方のOFDM通信装置が無線基地局に設けられている場合に

は、回線変動が非常に遅くなる。このような場合には、パイロットキャリアのレベルが大きく落ち込むと、その状態が長時間に亘って続く可能性が高い。その結果、パイロットキャリアに重畳された既知信号の受信レベルも低い状態が続くので、既知信号を基にして求められる残留位相誤差の検出精度も長い期間

5 低下するおそれがある。

これを考慮して、この実施の形態では、各アンテナAN1、アンテナAN2から図13(A)、(B)に示すようなフレームフォーマットのOFDM信号を送信する。図13(A)、(B)からも明らかなように、パイロットキャリアを、1つのアンテナだけから発信するのではなく、パイロットキャリアを  
10 信するアンテナを交互に切り替えるようになっている。また一方のアンテナからパイロットキャリアが発信されている期間は、他方のアンテナはこれに対応するサブキャリアとしてヌル信号を送信するようになっている。

これにより既知信号が伝搬路の異なる2つのアンテナから交互に送信されることになるので、長時間に亘って既知信号の受信レベルが低くなることを回  
15 避できる。この結果、長時間に亘る残留位相誤差の検出精度の劣化を防止できる。

これを実現するためのOFDM通信装置の送信系の構成を、図14を用いて説明する。図11との対応部分に同一符号を付して示す図14において、送信系140は各データ1、データ2にパイロットキャリア（既知信号）を挿入す  
20 るかヌル信号を挿入するかを選択する選択部141、142を有することを除いて、図11の送信系110と同様の構成でなる。

各選択部141、142は、データに対して、一方の選択部が既知信号を挿入しているときには他方の選択部がヌル信号を挿入する。これにより送信系140は、図13(A)、(B)に示すようなOFDM信号を形成することがで  
25 きる。

以上の構成によれば、パイロットキャリアを発信するアンテナを交互に切り替えると共に、一方のアンテナからパイロットキャリアが発信されている期間

は他方のアンテナはこれに対応するサブキャリアとしてヌル信号を送信するようにしたことにより、実施の形態1の効果に加えて、回線変動が遅い場合の長時間に亘る残留位相誤差検出精度の低下を防止できる。

(実施の形態3)

- 5      この実施の形態のOFDM通信装置の特徴は、図15(A)、(B)に示すように、各アンテナから送信されるOFDM信号の特定のサブキャリアをパイロットキャリアとすると共に、あるアンテナからパイロットキャリアが送信されているサブキャリアに対応する、他のアンテナのサブキャリアをヌル信号とした点である。これにより、実施の形態1や実施の形態2の効果に加えて、OFDM信号のピーク電力を抑圧できるといった効果を得ることができる。

- 10      図15(A)、(B)の例では、パイロットキャリア数を4つとし、各アンテナからそれぞれ2つのパイロットキャリアを送信し、各アンテナからこれら2つのパイロットキャリアに対応して2つのヌル信号を送信するようになっている。ここでヌル信号の送信電力は0となるため、2つのサブキャリアをヌル信号とした分だけ、各OFDM信号の送信時のピーク電力を低減できる。

- 15      これを実現するためのOFDM通信装置の送信系の構成を、図16を用いて説明する。図11との対応部分に同一符号を付して示す図16において、送信系150はデータ1にパイロットキャリア(既知信号)を挿入するパイロットキャリア挿入部151及びヌル信号挿入部152を有する。また送信系150はデータ2にパイロットキャリア(既知信号)を挿入するパイロットキャリア挿入部154及びヌル信号挿入部153を有する。ヌル信号挿入部153はパイロットキャリア挿入部151が既知信号を挿入した位置にヌル信号を挿入する。ヌル信号挿入部152はパイロットキャリア挿入部154が既知信号を挿入した位置にヌル信号を挿入する。

- 25      以上の構成によれば、各アンテナから送信されるOFDM信号の特定のサブキャリアをパイロットキャリアとすると共に、あるアンテナからパイロットキャリアが送信されているサブキャリアに対応する、他のアンテナのサブキャリ

アをヌル信号としたことにより、実施の形態2の効果に加えて、各アンテナから送信されるOFDM信号のピーク電圧を低減することができる。

(実施の形態4)

- この実施の形態のOFDM通信装置の特徴は、図17(A)、(B)に示す
- 5 ように、実施の形態3での特徴に加えて、データを送信しているサブキャリアのうち特定のサブキャリアについては、1本のアンテナのみからデータを送信し、他のアンテナからはヌル信号を送信するようにした点である。これにより実施の形態3の効果に加えて、伝送効率をほとんど低下させずに、他のデータより良好な誤り率特性が要求されるデータの誤り率特性を向上させることが
- 10 できる。

図17(A)、(B)の例では、直流点の両側の2つのサブキャリアについて、片方のアンテナからヌル信号を送信するようになっている。但し、ヌル信号を送信するサブキャリアは図17(A)、(B)の例に限定されず、任意に設定することができる。

- 15 ここで片方のアンテナからヌル信号を送信するサブキャリアは、パイロットキャリア同様、干渉補償を行う必要がなくなる。このため、片方のアンテナからヌル信号を送信するサブキャリアは、マルチパスによる、符号間干渉、タイミング誤差、周波数オフセット検出誤差が存在しても、他のデータとの干渉が残留しないようにすることができる。この結果、このサブキャリアに重畳されたデータの誤り率特性が向上する。この実施の形態では、再送情報や制御情報
- 20 のように良好な誤り率特性が要求されるデータを、上述した特定サブキャリアに重畳して送信する。

- これを実現するためのOFDM通信装置の送信系の構成を、図18を用いて説明する。図16との対応部分に同一符号を付して示す図18において、送信
- 25 系160は、再送情報を符号化部161、プリアンブル挿入部162及び変調部163を順次介してパラレルシリアル変換部(P/S)164に入力する。パラレルシリアル変換部164にはヌル信号も入力される。



一旦パラレルシリアル変換により直列変換されたデータは、シリアルパラレル変換部（S/P）165により、データ1、データ2の2つのデータに分流される。各データ1、2は上述したと同様の処理を施されることで、図17（A）、（B）に示すような2つのOFDM信号とされる。

5     ここで図17（A）に示す、アンテナAN1のサブキャリア「-1」、「1」（DATA1（1，-1）、DATA1（2，-1）、DATA1（1，-1）、DATA1（2，1））に対応するアンテナAN2のサブキャリア（図17（B））をヌル信号とするためには、送信系160のパラレルシリアル変換部164がヌル信号を所定のタイミングで出力すればよい。

10    なおこの実施の形態では、実施の形態3の特徴に加えて、データを送信しているサブキャリアのうち特定のサブキャリアについては、1本のアンテナのみからデータを送信し、他のアンテナからはヌル信号を送信するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、実施の形態1や実施の形態2と組み合わせることもできる。

15    以上の構成によれば、データを送信しているサブキャリアのうち特定のサブキャリアについては、1本のアンテナのみからデータを送信し、他のアンテナからはヌル信号を送信するようにしたことにより、実施の形態1～3の効果に加えて、伝送効率をほとんど低下させずに、他のデータより良好な誤り率特性が要求されるデータの誤り率特性を向上させることができる。

20    （実施の形態5）

この実施の形態のOFDM通信装置の特徴は、図19（A）、（B）に示すように、実施の形態4と比較して、中心周波数から離れたサブキャリアについて、1本のアンテナのみからデータを送信し、他のアンテナからはヌル信号を送信した点である。これにより、中心周波数から離れたサブキャリアにより伝  
25    送されるデータの誤り率特性を向上させることができるので、実施の形態4の効果に加えて、伝送効率をほとんど低下させずに、一段とデータの誤り率特性を向上させることができる。

図19 (A)、(B)の例では、図19 (A)に示す、アンテナAN1のサブキャリア「 $k+1$ 」(DATA1 (1,  $-k+1$ )、DATA1 (2,  $-k+1$ ))に対応するアンテナAN2のサブキャリア(図19 (B))をヌル信号としている。

- 5      ここでOFDM信号では、中心周波数から離れたサブキャリアほど、隣接チャネル干渉波や、アナログフィルタの振幅偏差及び群遅延偏差の影響を受け易い。この点に着目して、この実施の形態では、中心周波数から離れたサブキャリアにより伝送されるデータの劣化をできるだけ少なくするために、対応する他方のサブキャリアをヌル信号としている。
- 10      これを実現するためのOFDM通信装置の送信系の構成を、図20を用いて説明する。図18との対応部分に同一符号を付して示す図20において、送信系170は、ヌル信号挿入部171を有することを除いて図18の送信系160と同様の構成でなる。

- 15      ヌル信号挿入部171はデータ2の所定位置にヌル信号を挿入することにより、図19 (B)に示すように、中心周波数から離れたサブキャリアをヌル信号とする。これにより中心周波数から離れたサブキャリアにより送信されるDATA1 (1,  $-k+1$ )、DATA1 (2,  $-k+1$ )への干渉成分を抑制できるので、このデータの誤り率特性の劣化を抑制できる。

(実施の形態6)

- 20      この実施の形態のOFDM通信装置の特徴は、図21 (A)、(B)に示すように、実施の形態5と比較して、中心周波数から離れた1本又は複数のサブキャリアのうちヌル信号を送信するアンテナを可変とした点である。これにより、実施の形態5の効果に加えて、ピーク電圧を低減できる。また回線変動が非常に遅い場合に、前記サブキャリアの受信レベルが落ち込んだままとなること
- 25      とを防ぐことができる。

図21 (A)、(B)の例では、時点 $t_1$ から $t_2$ の間の期間は、図21 (A)に示す、アンテナAN1のサブキャリア「 $-k+1$ 」、「 $k-1$ 」(DATA

1 (1,  $-k+1$ )、DATA 1 (1,  $k-1$ ) ) に対応するアンテナAN 2  
のサブキャリア (図 2 1 (B) ) をヌル信号としている。

これに対して、続く時点  $t_2$  から  $t_3$  の間の期間は、図 2 1 (B) に示す、  
アンテナAN 2のサブキャリア「 $-k+1$ 」、「 $k-1$ 」 (DATA 2 (2,  
5  $-k+1$ )、DATA 2 (2,  $k-1$ ) ) に対応するアンテナAN 1のサブキ  
ャリア (図 2 1 (A) ) をヌル信号としている。

これを実現するためのOFDM通信装置の送信系の構成を、図 2 2 を用いて  
説明する。図 1 8 との対応部分に同一符号を付して示す図 2 2 において、送信  
系 1 8 0 は、シリアルパラレル変換部 (S/P) 1 6 5 により分流されて得ら  
10 れた各データを入力する選択部 1 8 1、1 8 2 を有することを除いて、図 1 8  
の送信系 1 6 0 と同様の構成でなる。

各選択部 1 8 1、1 8 2 には分流後のデータと共にヌル信号が入力されてい  
る。選択部 1 8 1 は、上述したように中心周波数から離れたサブキャリアのう  
ち一方のアンテナからデータの重畳されたサブキャリアが送信されると共に、  
15 他方のアンテナからヌル信号が送信され、かつこれらのアンテナが可変となる  
ようなタイミングで、ヌル信号を選択して出力する。

(実施の形態 7)

この実施の形態のOFDM通信装置の特徴は、図 2 3 (A)、(B) に示す  
ように、実施の形態 6 と比較して、直流点のサブキャリアについて、1 本のア  
ンテナのみからデータを送信し、他のアンテナからはヌル信号を送信した点で  
20 ある。これにより、直流点のサブキャリアにより伝送されるデータの誤り率特  
性を向上させることができるので、実施の形態 6 の効果に加えて、伝送効率を  
ほとんど低下させずに、一段とデータの誤り率特性を向上させることができる。

図 2 3 (A)、(B) の例では、図 2 3 (B) に示す、アンテナAN 2のサ  
ブキャリア「0」 (DATA 2 (1, 0)、DATA 2 (2, 0) ) に対応す  
25 るアンテナAN 1のサブキャリア (図 2 3 (A) ) をヌル信号としている。

ここでOFDM信号では、直流点のサブキャリアはアナログ回路の直流オフ

セットにより他のサブキャリアと比較して、誤り率特性が大きく劣化する。この点に着目して、この実施の形態では、直流点のサブキャリアにより伝送されるデータの劣化をできるだけ少なくするために、対応する他方のサブキャリアをヌル信号としている。

- 5      これを実現するためのOFDM通信装置の送信系の構成を、図24を用いて説明する。図22との対応部分に同一符号を付して示す図24において、送信系190は、選択部181とパイロットキャリア挿入部151の間にヌル信号挿入部191が設けられている点を除いて、図22の送信系180と同様の構成でなる。ヌル信号挿入部191は、入力されたデータのうち直流点に配置されるデータ位置にヌル信号を挿入する。

(実施の形態8)

- この実施の形態のOFDM通信装置の特徴は、OFDM信号の受信系にオフセット除去回路を設けたことである。これにより、例えば実施の形態7の方法により得られたOFDM信号を受信するOFDM通信装置に適用すれば、一段  
15      とデータの誤り率特性を向上させることができる。

図25に、この実施の形態の受信系の構成を示す。図12との対応部分に同一符号を付して示す図25において、受信系200は各FFT121、122の後段に直流オフセット除去回路(DC除去)201、202を有することを除いて、図12の受信系120と同様の構成でなる。

- 20      直流オフセット除去回路(DC除去)201、202の具体的構成を、図26に示す。直流オフセット回路201(202)はFFT部121(122)からの入力信号を平均化回路203及び減算回路205に入力する。平均化回路203はFFT部121(122)の出力のうち直流点付近に配置された信号成分を平均化することで直流オフセットを検出し、この直流オフセット情報  
25      をメモリ204に格納する。減算回路205はFFT出力信号のうち直流点付近に配置された信号からメモリ204に格納された直流オフセット分を減算する。これによりFFT出力から直流オフセット成分を除去することができる。

以上の構成によれば、受信側で受信OFDM信号から直流オフセットを除去した後、伝搬路補償や伝搬路干渉、残留位相補償等を行うようにしたことにより、上述した実施の形態1～実施の形態7のOFDM通信装置から送信されたデータの誤り率特性を一段と向上させることができる。

5 (実施の形態9)

この実施の形態のOFDM通信装置の特徴は、特定のバースト信号は1本のアンテナのみから送信し、このバースト信号を送信している間は他のアンテナからはヌル信号を送信するようにした点である。これにより、実施の形態1～実施の形態7と比較して、伝送効率をそれほど落とさずに、誤り率特性を一段  
10 と向上させることができる。

ここで送信するバースト信号の中には、他のバーストと比較して一段と良好な誤り率特性が要求されるものがある。例えば制御用のバースト信号や再送用のバースト信号である。この実施の形態では、このような、他のバースト信号より良好な誤り率特性が要求されるバースト信号を送信する際には、1本のアンテナのみから当該バースト信号を送信し、他のアンテナからはヌル信号を出力する（つまり何の信号も出力しない）ようにする。  
15

これにより、上記特定のバースト信号は伝搬路上で他のアンテナからの送信信号により全く干渉を受けないので、受信側での誤り率特性が向上する。また制御用バースト信号や再送用バースト信号のように他のバースト信号と比較  
20 して良好な誤り率特性が要求されるバースト信号は、全体のバースト信号から見るとその割合は少ないため、伝送効率はほとんど低下しない。この結果、伝送効率をそれほど落とさずに、重要なバースト信号の誤り率特性を一段と向上させることができる。

図27に、この実施の形態の送信系の構成を示す。図11との対応部分に同一符号を付して示す図27において、送信系210は、アンテナAN1から送信する出力信号1の処理系統上に選択部214が設けられていると共に、アンテナAN2から送信する出力信号2の処理系統上に選択部215が設けられ  
25

ている。

選択部 2 1 4 には、パイロットキャリア挿入部 1 1 5 の出力が入力されていると共に、再送情報が符号化部 2 1 1、プリアンブル挿入部 2 1 2 及び変調部 2 1 3 を介して入力されている。選択部 2 1 5 には、ヌル信号挿入部 1 1 6 に  
5 よりヌル信号が挿入された後の送信データが入力されていると共に、ヌル信号が入力されている。

選択部 2 1 5 は、選択部 2 1 4 から変調後の再送情報（すなわち特定のバースト信号）が選択して出力されている期間は、ヌル信号を選択して出力する。これに対して選択部 2 1 5 は、選択部 2 1 4 からパイロットキャリア挿入部 1  
10 1 5 からの出力（すなわち特定のバースト信号以外のバースト信号）が選択して出力されている期間は、ヌル信号挿入部 1 1 6 からの出力を選択して出力する。

この結果、送信系 2 1 0 は、特定のバースト信号を送信する期間は、アンテナ AN 1 から図 9（A）に示すような信号を出力し、かつアンテナ AN 2 から  
15 はヌル信号のみを出力する。一方、特定のバースト信号を送信しないときには、アンテナ AN 1 及びアンテナ AN 2 から図 9（A）及び（B）に示すような信号が出力される。

なおこの実施の形態に係る発明では、上述した又は後述する他の実施の形態と同様に送信系 2 1 0 を端末局に設けるか、または基地局に設けるかは限定さ  
20 れないが、送信系 2 1 0 を端末局のみに設けた場合（つまり上り回線のみに適用した場合）は、以下のようなさらなる効果を得ることができる。

この実施の形態では、特定のバースト信号を送信している間は他のアンテナからヌル信号を送信している分だけ、伝送効率は低下することになる。これを考慮して、伝送データ量の多い下り回線では、通常の OFDM 通信を行い、端  
25 末局に送信系 2 1 0 を設ける。これにより、システム全体のスループットの低下を抑制し、かつ端末局のハード規模を増大させずに、上り回線により送信する特定のバースト信号の誤り率特性を有効に向上させることができる。

## (実施の形態 10)

この実施の形態の OFDM 通信装置の特徴は、実施の形態 9 と比較して、1 本のアンテナのみバースト信号を送信し、このバースト信号を送信している間は他のアンテナからはヌル信号を送信するのに加えて、バースト信号を分割して各アンテナから交互に送信するようにした点である。これにより、実施の形態 9 の効果に加えて、さらにピーク電力を低減することができる。

つまり、実施の形態 9 では 1 本のアンテナのみから送信していた特定のバースト信号を分割して複数のアンテナから送信するようにしたことにより、1 本のアンテナの送信サブキャリア数を低減できるので、この分ピーク電力を低減できることになる。

具体的に、図 9 (A)、(B) を用いて説明すると、まずある期間はアンテナ AN 1 から図 9 (A) のサブキャリアの半分のサブキャリアを用いて特定のバースト信号の半分の情報を送信し、その期間はアンテナ AN 2 からはヌル信号を送信する。そして次の期間は、アンテナ AN 2 から図 9 (B) のサブキャリアの半分のサブキャリアを用いて特定のバースト信号の残り半分の情報を送信し、その期間はアンテナ AN 1 からはヌル信号を送信する。

図 28 に、この実施の形態の送信系の構成を示す。図 27 との対応部分に同一符号を付して示す図 28 において、送信系 220 は、変調後の再送情報をシリアルパラレル変換部 (S/P) 223 により分割し、分割後の信号を選択部 221、222 に送出する。また各選択部 221、222 には、ヌル信号が入力されている。

選択部 221 はパイロットキャリア挿入部 115 からの出力信号、分割された再送情報又はヌル信号のうちの 1 つを選択的に出力する。選択部 222 はヌル信号挿入部 116 からの出力信号、分割された再送情報又はヌル信号のうちの 1 つを選択的に出力する。

具体的には、特定のバースト信号 (図 28 の場合は再送情報) 以外のデータを送信する場合には、選択部 221 はパイロットキャリア挿入部 115 からの

出力を選択して出力すると共に選択部 2 2 2 はヌル信号挿入部からの出力を選択して出力する。この結果、2つのアンテナAN 1、AN 2から図9 (A)、(B) に示すようなOFDM信号が発信される。

- これに対して、特定のバースト信号を送信する場合には、まず最初の期間で、
- 5 選択部 2 2 1 が分割された再送情報を選択して出力すると共に、このとき選択部 2 2 2 がヌル信号を選択して出力する。この結果、アンテナAN 1からは図9 (A) の半分のサブキャリアで再送情報が送信されると共に、アンテナAN 2からはヌル信号が送信される。そして次の期間で、選択部 2 2 2 が分割された再送情報を選択して出力すると共に、このとき選択部 2 2 1 がヌル信号を選
- 10 択して出力する。この結果、アンテナAN 2からは図9 (B) の半分のサブキャリアで再送情報が送信されると共に、アンテナAN 1からはヌル信号が送信される。

#### (実施の形態 1 1)

- この実施の形態の特徴は、通信端末には1本のアンテナのみ設置し、複数の
- 15 アンテナから異なるデータを送信するのは、基地局のみ(下り回線のみ)とした点である。これにより、システム全体の伝送効率をほとんど低下させずに端末のハード規模及び消費電力を大きく低減させることができる。

- ここで複数のアンテナから異なるデータを送信する方法を上り回線にも適用すると、端末の送信系の信号処理系統の回路及び無線処理部(送信RF)が
- 20 アンテナ数分だけ必要となるので、端末の回路規模及び消費電力が非常に大きくなる。しかし、システム全体の伝送効率は一般に下り回線により決まる。発明者らはこの点に着目して、端末には1本のアンテナのみ設置する方が、端末のハード規模及び消費電力の削減とシステム全体の伝送効率とを両立する上で有効であると考えた。

- 25 図29に、この実施の形態における通信端末の送信系の構成を示す。図11との対応部分に同一符号を付して示す図29において、端末送信系230は逆フーリエ変換後の信号を送信RF部231により信号増幅等の無線処理を施



した後、1本のアンテナ232から発信する。因みに、図29で示している送信信号は、図11で示している送信信号が異なる複数データであるのに対して、単一のデータである。

図30に、端末送信系230から送信されたOFDM信号を受信復調する無線基地局の受信系の構成を示す。基地局受信系240では、複数のアンテナ241-1、241-2で受信したOFDM信号を受信RF部242-1、242-2、FFT243-1、243-2及び伝搬路補償部244-1、244-2を介して合成部245に入力する。合成部245では伝搬路補償後の複数の信号を合成、あるいは一方を選択する。合成或いは選択後の信号は復号化部246により復号されて受信信号とされる。

(実施の形態12)

この実施の形態のOFDM通信装置の特徴は、干渉補償部で用いる逆行列の行列式の絶対値が小さい伝搬環境の場合は、1本のアンテナのみからOFDM信号を送信する点である。これにより、干渉補償部で用いる逆行列の行列式の絶対値が小さい伝搬環境の場合の誤り率特性を向上させることができる。

干渉補償部での逆行列の行列式の絶対値 $|AD-BC|$ が小さい場合、演算ビット数の実効値が小さくなるため、逆行列の推定精度が劣化する。この結果、誤り率特性が劣化することになる。この実施の形態では、この点に着目して、干渉補償部の逆行列の行列式の絶対値を監視し、この値が小さい場合には、1本のアンテナのみから送信を行うようにした。

図31に、この実施の形態に係るOFDM通信装置の送信系の構成を示す。図11との対応部分に同一符号を付して示す図31において、送信系250は、アンテナAN1から送信する出力信号1の処理系統上に選択部251が設けられていると共に、アンテナAN2から送信する出力信号2の処理系統上に選択部252が設けられている。

選択部251には、パイロットキャリア挿入部115の出力が入力されていると共にヌル信号が入力されている。選択部252には、ヌル信号挿入部11

6によりヌル信号が挿入された後の送信データが入力されていると共にヌル信号が入力されている。各選択部251、252は、後述する送信相手局の受信系により形成された判定信号S10に基づいて、送信データまたはヌル信号を選択的に出力する。つまり、送信系250を有するOFDM通信装置では、

5 図示しない受信系により通信相手局から判定信号S10を受信し、これを選択部251、252に送出するようになっている。

図32に、送信系250を有するOFDM通信装置の送信相手であるOFDM通信装置の受信系の構成を示す。図12の受信系120との対応部分に同一符号を付して示す図32の受信系260では、係数算出部127により求めら

10 れた逆行列の行列式の絶対値 $|AD-BC|$ を大小比較部261に入力する。大小比較部261では、絶対値 $|AD-BC|$ をしきい値1と比較し、当該比較結果を判定信号S10として図示しない送信系を介して、図31に示すOFDM通信装置の送信系250の選択部251、252に通知する。

以上の構成において、先ず送信系250を有するOFDM通信装置により形

15 成されたOFDM信号が送信系250から送信される。このOFDM信号は通信相手であるOFDM通信装置の受信系260により受信復調される。

受信系260は、係数算出部127によって伝搬路推定部123、125により得られた伝搬路特性A、B、C、Dを用いて、伝搬路補償及び干渉補償するための係数 $A/(AD-BC)$ 、 $B/(AD-BC)$ 、 $C/(AD-BC)$ 、

20  $D/(AD-BC)$ を求める。大小比較部261は、係数算出部127により求められた逆行列の行列式の絶対値 $|AD-BC|$ をしきい値1と比較し、当該比較結果を判定信号S10として送信系250を有するOFDM通信装置に送信する。

そして、この判定信号S10を受信したOFDM通信装置は、当該判定信号

25 S10を選択部251、252に入力させる。選択部251、252は、絶対値 $|AD-BC|$ がしきい値1以上の場合には、パイロットキャリア挿入部115、ヌル信号挿入部116の信号を選択出力する。これに対して、選択部2

5 1、2 5 2は、絶対値  $|AD - BC|$  がしきい値1未満の場合には、いずれか一方の選択部2 5 1又は2 5 2がヌル信号を選択出力する。例えば選択部2 5 1がパイロットキャリア挿入部1 1 5からの信号を選択出力する場合には、選択部2 5 2がヌル信号を出力するようになっている。

- 5     このように、絶対値  $|AD - BC|$  が大きく、通信相手側で伝搬路補償及び干渉補償の精度を維持できるときには、複数のアンテナからそれぞれ異なる送信データを重畳したOFDM信号を送信する。これに対して、絶対値  $|AD - BC|$  が小さく、通信相手側で伝搬路補償及び干渉補償の精度が劣化してしまうときには、1本のアンテナからのみOFDM信号を送信する。この結果、補償精度が悪くても、伝搬路上での干渉が格段に低減されるので、通信相手側では誤り率特性の良い受信信号を得ることができる。
- 10

- 以上の構成によれば、伝搬路補償及び干渉補償するための逆行列の係数 ( $AD - BC$ ) が小さい場合には、1本のアンテナのみからOFDM信号を送信するようにしたことにより、伝搬路補償及び干渉補償の補償精度の悪い伝搬環境下での誤り率特性の劣化を抑制することができる。
- 15

- 因みに、この実施の形態は、互いのOFDM通信装置がアクセス方式としてFDD (Frequency Division Duplex) 方式を用いて通信を行う場合に特に有効である。つまり、この実施の形態では、送信系2 5 0によりある周波数帯域で送信したOFDM信号の伝搬路特性を受信側で推定し、その推定結果 (判定信号S 1 0) を送信系2 5 0を有するOFDM通信装置に通知し、送信系2 5 0はその判定信号S 1 0を反映したOFDM信号を形成する。これにより、下り回線と上り回線の伝搬特性が異なるFDD方式において、送信系2 5 0が的確な判定結果S 1 0に基づいて、上述した伝搬路環境に応じたOFDM信号を形成できるようになる。
- 20

- 25     因みにアクセス方式としてTDD (Time Division Duplex) 方式を用いる場合に有効な構成は、次の実施の形態1 3で説明する。

(実施の形態1 3)

この実施の形態のOFDM通信装置の特徴は、上述した実施の形態12と比較して、受信時の逆行列の行列式の絶対値 $|AD-BC|$ の判定結果を送信時に反映するようにした点である。これにより、この実施の形態のOFDM通信装置は、上り回線と下り回線の伝搬特性が同じTDD方式において、制御情報

5 (判定結果信号)の伝送を削減し得る分だけ、伝送効率を向上させて実施の形態12と同様の効果を得ることができる。

図31及び図32との対応部分に同一符号を付して示す図33において、この実施の形態のOFDM通信装置270は、送信系280及び受信系290を有する。これによりOFDM通信装置270では、受信系290で得た判定結果

10 果S10を送信系280に反映できるようになっている。

以上の構成によれば、受信系290により得られる伝搬路補償及び干渉補償するための逆行列の行列式の絶対値 $|AD-BC|$ をしきい値判定し、この判定結果を、同一のOFDM通信装置の送信系270に反映して、逆行列の行列式の絶対値 $|AD-BC|$ がしきい値よりも小さい場合には、1本のアンテナ

15 のみからOFDM信号を送信するようにしたことにより、通信相手側に制御情報(判定結果S10)を送信することなしに、伝搬路補償及び干渉補償の補償精度の悪い伝搬環境下での誤り率特性の劣化を抑制することができる。

#### (実施の形態14)

この実施の形態の特徴は、実施の形態12や実施の形態13と比較して、干渉補償部の逆行列の行列式の絶対値の大きさの判定に使用するしきい値を可

20 変とした点である。これにより、干渉補償部で用いる逆行列の行列式の絶対値が小さくなるような伝搬環境の場合の誤り率特性の劣化を一段と抑制することができる。

本願の発明者らは、干渉補償部で用いる逆行列の行列式の絶対値の大きさを比較する比較部でのしきい値の最適値は、受信したOFDM信号の回線品質によって異なることに着目した。つまり、回線品質が悪い場合には、逆行列の行列式の絶対値 $|AD-BC|$ の検出誤差は大きくなるので、回線品質が悪い場

25

合には、比較部でのしきい値を大きい値にする。

図32との対応部分に同一符号を付して示す図34において、この実施の形態の受信系300は、大小比較部261がしきい値判定に用いるしきい値を選択する選択部301を有する点を除いて、図32の受信系260と同様の構成  
5 となる。

選択部301は、例えばCRC (Cyclic Redundancy Check) やRSSI (Received Signal Strength Indicator) 信号等の受信品質情報に基づいてそれぞれ値の異なるしきい値1かしきい値2 (しきい値1<しきい値2とする) のいずれかを選択出力する。實際上、受信品質情報が受信品質が良いことを示す  
10 ものであった場合にはしきい値1を選択出力し、悪いことを示すものであった場合にはしきい値1よりも値の大きいしきい値2を選択出力する。

大小比較部261は、このようにして受信品質により変更されたしきい値を用いて、伝搬路干渉・干渉補償部124、126で用いる逆行列の行列式の絶対値 $|AD-BC|$ の大きさをしきい値判定する。

15 この結果、受信系300の大小比較部261からは、受信品質が悪い場合には、実施の形態12や実施の形態13で説明した送信系260、280に対して、実施の形態12や実施の形態13よりも、1本のアンテナのみからOFDM信号を送信する方向に送信系260、280を制御する判定信号S20が出力されるようになる。

20 以上の構成によれば、伝搬路補償及び干渉補償するための逆行列の行列式の絶対値が小さい場合には、1本のアンテナのみからOFDM信号を送信することに加えて、受信品質に応じて前記逆行列の行列式の絶対値の大小を比較するしきい値を変えるようにしたことにより、実施の形態12や実施の形態13と比較して、前記逆行列の行列式の絶対値が小さくなるような伝搬環境での誤り  
25 率特性をさらに向上させることができる。

(実施の形態15)

この実施の形態の特徴は、実施の形態12や実施の形態13と比較して、干

渉補償部で用いる逆行列の行列式の絶対値が小さいサブキャリアが多い伝搬環境の場合に、1本のアンテナのみからOFDM信号を送信するようにした点である。これにより、実施の形態12や実施の形態13と比較して、伝送効率の低下を抑えた状態で、一段と誤り率特性を向上させることができる。

- 5 本願の発明者らは、干渉補償部で用いる逆行列の行列式の絶対値が小さいサブキャリアが少ない場合（例えば全サブキャリア数48個のうち、3サブキャリアのみがしきい値を下回ったような場合）には、復号化部での誤り率訂正効果により誤り率特性を改善できるので、複数のアンテナからOFDM信号を送信しても問題ないと考えた。これに対して、干渉補償部で用いる逆行列の行列
- 10 式の絶対値が小さいサブキャリアが多い場合には、復号化部での誤り率訂正効果がそれほど期待できないので、1本のアンテナのみからOFDM信号を送信することで、誤り率特性を向上させるようにした。

- 図32との対応部分に同一符号を付して示す図35において、この実施の形態の受信系310は、大小比較部261の比較結果をカウントするカウンタ3
- 15 11とカウンタ311のカウント値をしきい値判定する大小比較部312を有することを除いて、図32の受信系260と同様の構成でなる。

- カウンタ311は、大小比較部261からの判定信号S10に基づいて、絶対値 $|AD - BC|$ がしきい値1を下回るサブキャリア数をカウントする。大小比較部312は、カウント値としきい値3とを比較し、カウント値がしきい
- 20 値3を上回ったときに、実施の形態12や実施の形態13で説明した送信系260、280に、1本のアンテナのみからOFDM信号を送信することを指示する判定信号S30を送出する。

- 以上の構成によれば、干渉補償部で用いる逆行列の行列式の絶対値が小さいサブキャリアの数を考慮して、1本のアンテナのみからOFDM信号を送信す
- 25 るか否かを選択するようにしたことにより、実施の形態12や実施の形態13よりさらに誤り率特性の向上と伝送効率とを両立させることができる。

(実施の形態16)

この実施の形態の特徴は、実施の形態 15 と比較して、干渉補償部で用いる逆行列の行列式の絶対値が小さいサブキャリアが連続するような伝搬環境の場合に、1 本のアンテナのみから OFDM 信号を送信するようにした点である。これにより、実施の形態 15 よりもさらに伝搬効率の低下を抑えた状態で、一

5 段と誤り率特性を向上させることができる。

本願の発明者らは、品質の悪いデータが集中すると、誤り訂正の効果が低下し、誤り率特性が低下する点に着目した。そしてこれを考慮して、干渉補償部で用いる逆行列の行列式の絶対値が小さいサブキャリアが連続するような伝搬環境の場合に、つまり品質の悪いデータが集中する場合に、1 本のアンテナ

10 のみから OFDM 信号を送信することで、誤り率特性を向上させるようにした。

図 35 との対応部分に同一符号を付して示す図 36 において、この実施の形態の受信系 320 は、図 35 のカウンタ 311 と大小比較部 312 に替えて、カウント値のインクリメントとデクリメントの両方を行うカウンタ 321 と、カウント値としきい値 4 との大小を比較する大小比較部 322 とを設けた

15 点を除いて、図 35 の受信系 310 と同様の構成でなる。

カウンタ 321 は、大小比較部 261 からの判定信号 S10 に基づいて、逆行列の行列式の絶対値  $|AD - BC|$  がしきい値 1 を下回るサブキャリアの集中度をカウントする。つまり、絶対値がしきい値 1 を下回ったときにはカウント値をインクリメントし、しきい値 1 以上の場合にはカウント値をデクリメントする。

20

大小比較部 322 は、カウント値としきい値 4 とを比較し、カウント値がしきい値 4 を上回ったとき、つまり絶対値  $|AD - BC|$  がしきい値 1 を下回るサブキャリアの集中度がある一定値より大きくなったときに、実施の形態 12 や実施の形態 13 で説明した送信系 260、280 に、1 本のアンテナのみから OFDM 信号を送信することを指示する判定信号 S40 を送出する。

25

以上の構成によれば、逆行列の行列式の絶対値  $|AD - BC|$  が所定のしきい値を下回るサブキャリアの集中度を考慮して、1 本のアンテナのみから OF

DM信号を送信するか否かを選択するようにしたことにより、実施の形態15よりさらに誤り率特性の向上と伝送効率とを両立させることができる。

(実施の形態17)

この実施の形態の特徴は、実施の形態16と比較して、逆行列の行列式の絶対値  $|AD - BC|$  が所定のしきい値を下回るサブキャリアの集中度を判定するしきい値を受信品質に応じて可変とした点である。これにより、実施の形態16よりもさらに伝搬効率の低下を抑えた状態で、一段と誤り率特性を向上させることができる。

図36との対応部分に同一符号を付して示す図37において、この実施の形態の受信系330は、大小比較部322がしきい値判定に用いるしきい値を選択する選択部331を有する点を除いて、図36の受信系320と同様の構成でなる。

選択部331は、例えばCRC (Cyclic Redundancy Check) やRSSI (Received Signal Strength Indicator) 信号等の受信品質情報に基づいてそれぞれ値の異なるしきい値4かしきい値5 (しきい値4 < しきい値5とする) のいずれかを選択出力する。實際上、受信品質情報が受信品質が良いことを示すものであった場合にはしきい値5を選択出力し、悪いことを示すものであった場合にはしきい値5よりも値の小さいしきい値4を選択出力する。

大小比較部322は、このようにして受信品質により変更されたしきい値を用いて、逆行列の行列式の絶対値  $|AD - BC|$  が所定のしきい値を下回るサブキャリアの集中度をしきい値判定する。

このようにして、受信系330の大小比較部322からは、受信品質が悪い場合には、実施の形態12や実施の形態13で説明した送信系260、280に対して、絶対値  $|AD - BC|$  が所定のしきい値を下回るサブキャリアの集中度が小さくても、1本のアンテナのみからOFDM信号を送信する方向に送信系260、280を制御する判定信号S50が出力される。

以上の構成によれば、逆行列の行列式の絶対値  $|AD - BC|$  が所定のしき



い値を下回るサブキャリアの集中度と受信品質とを加味して、1本のアンテナのみからOFDM信号を送信するか否かを選択するようにしたことにより、実施の形態16よりさらに誤り率特性の向上と伝送効率とを両立させることができる。

#### 5 (実施の形態18)

この実施の形態の特徴は、最後のデータ群は1本のアンテナのみからOFDM信号を送信することにより、受信を終了してから送信を開始するまでの時間を短縮できるようにした点である。

ここでMMAC (Multimedia Mobile Access Communication) のH i S W  
10 AN (High Speed Wireless Access Network) のように、受信終了から送信開始までの時間が規定されている場合がある。受信系の干渉補償回路は通常同期検波回路より処理遅延が大きいため、上記受信を終了してから送信を開始するまでの時間の規格を満足できない場合もある。

これを考慮して、この実施の形態では、最後のデータ群は1本のアンテナの  
15 みからOFDM信号として送信することにより、最後のデータ群の処理遅延を短縮し、これにより受信を終了してから送信を開始するまでの時間を短縮するようにした。

図38に、この実施の形態の送信系340の構成を示す。図11との対応部分に同一符号を付して示す図38において、送信系340は、アンテナAN1  
20 から送信する出力信号1の処理系統上に選択部341が設けられていると共に、アンテナAN2から送信する出力信号2の処理系統上に選択部342が設けられている。

選択部341には、パイロットキャリア挿入部の出力が入力されていると共にヌル信号が入力されている。選択部342には、ヌル信号挿入部116により  
25 りヌル信号が挿入された後の送信データが入力されていると共にヌル信号が入力されている。各選択部341、342は、最後のバーストを示す信号に基づいて、送信データまたはヌル信号を選択的に出力する。

具体的には、最後のバーストを示す信号が入力されないときには、選択部 3 4 1 がパイロットキャリア挿入部 1 1 5 からの信号を出力すると共に、選択部 3 4 2 がヌル信号挿入部 1 1 6 からの信号を出力する。これに対して、最後のバーストを示す信号が入力された場合には、選択部 3 4 1 又は選択部 3 4 2 のいずれか一方がヌル信号を選択出力する。これにより、最後のデータ群を 1 本のアンテナのみから OFDM 信号として送信することができる。

#### (実施の形態 19)

この実施の形態の特徴は、端末同士が通信する時間帯においては、基地局からはその通信端末に対して 1 本のアンテナからのみ OFDM 信号を送信するようにした点である。

図 39 に示す OFDM 通信システム 350 のように、システムによっては、端末同士が通信する場合もある。このような場合、端末同士が通信する時間帯を確保する必要があり、制御が複雑になる。これを考慮して、この実施の形態では、端末同士が通信する時間帯においては、基地局からは端末 1 に対して 1 本のアンテナからのみ OFDM 信号を送信する。これにより、端末 1 では、基地局から送信されたデータと他端末 2 から送信されたデータの両方を受信できるので、端末同士が通信する時間帯を複雑な制御により確保する必要がなくなる。

図 40 に、この実施の形態の送信系の構成を示す。送信系 360 は図 39 の無線基地局に設けられている。図 38 との対応部分に同一符号を付して示す図 40 において、送信系 360 は、選択部 361、362 に、端末 1 (図 39) が他端末 2 からの信号を受信するタイミングを示す情報を入力する点を除いて、図 38 の送信系 340 と同様の構成でなる。

送信系 360 は、端末 1 が端末 2 からの信号を受信するタイミングでないときには、選択部 361 がパイロットキャリア挿入部 1 1 5 からの信号を出力すると共に、選択部 362 がヌル信号挿入部 1 1 6 からの信号を出力する。これに対して、端末 1 が端末 2 からの信号を受信するタイミングのときには、選択

部 3 6 1 又は選択部 3 6 2 のいずれか一方がヌル信号を選択出力する。

これにより、端末が他端末からの信号を受信するタイミングのときに、1 本のアンテナのみから OFDM 信号を送信することができる。この結果、端末では他端末の通信を確保しながら基地局からの OFDM 信号を受信することができる。

(実施の形態 20)

この実施の形態の特徴は、1 本のアンテナのみから OFDM 信号を送信するといった処理を周期的に行うことで、受信側において伝搬路推定結果を周期的に更新（以下これを伝搬路トラッキングと呼ぶ）できるようにした点である。

- 10 これにより、伝搬路推定用プリアンプルの間隔に対して伝搬路変動が速い場合の誤り率特性の劣化を抑制することができる。

ここで伝搬路推定用プリアンプルの間隔に対して伝搬路変動が速い場合、誤り率特性の劣化が大きくなる。このような場合、伝搬路トラッキングが公知の技術としてあるが、この実施の形態のように複数のアンテナから異なる OFDM 信号を送信するフレームフォーマットでは、伝搬路トラッキングを行うことが困難となる。

- 15 これを考慮して、この実施の形態では、1 本のアンテナのみから OFDM 信号を送信する処理を周期的に行い、受信側ではこの 1 本のアンテナから送信された OFDM 信号を用いて伝搬路トラッキングを行うようにする。この結果、  
20 伝搬路推定用プリアンプルの間隔に対して伝搬路変動が速い場合の誤り率特性の劣化を抑制できる。

- 図 4 1 に、この実施の形態の送信系の構成を示す。図 4 0 との対応部分に同一符号を付して示す図 4 1 において、送信系 3 7 0 は、自走式のカウンタ 3 7 1 のカウント値を大小比較部 3 7 2 に入力する。大小比較部 3 7 2 はカウント値としきい値 1 とを比較し、カウント値がしきい値よりも大きくなったときに  
25 これを示す判定信号を選択部 3 7 3、3 7 4 及びカウンタ 3 7 1 に送出する。

選択部 3 7 3、3 7 4 では、カウント値がしきい値よりも大きくなったこと

- を示す判定信号が入力されたときに、いずれか一方の選択部 373 又は 375 がヌル信号を選択的に出力することにより、1本のアンテナのみから OFDM 信号を送信する。またカウンタ 371 では、カウント値がしきい値よりも大きくなったことを示す判定信号が入力されると、一旦カウント値をリセットし、
- 5 再び自走によりカウント値をインクリメントする。

これにより、カウント値がしきい値よりも大きくなったことを示す判定信号が周期的に得られ、1本のアンテナのみから OFDM 信号を送信するといった処理を周期的に行うことができる。

- 図 42 に、送信系 370 から送信された OFDM 信号を受信復調する受信系
- 10 の構成を示す。図 12 との対応部分に同一符号を付して示す図 42 において、受信系 380 は、各アンテナで受信した OFDM 信号（入力信号 1、入力信号 2）に対して伝搬路トラッキング処理を行う伝搬路トラッキング部 381、382 を有すると共に、当該伝搬路トラッキング部 381、382 にローカルエンコードした信号を供給する再符号化・再変調部 385 及びシリアルパラレル
- 15 変換部（S/P）を有することを除いて、図 12 の受信系 120 と同様の構成でなる。

- 再符号化・再変調部 385 は、復号後の受信信号に対して送信側と同じ符号化及び変調処理を行うことにより受信信号をローカルエンコードし、これを S/P 386 により送信データ 1 と送信データ 2 に分流した後、対応する系統の
- 20 伝搬路トラッキング部 381、382 に送出する。

- ここで図 43 に、伝搬路トラッキング部 381、382 の構成を示す。この伝搬路トラッキング処理は、公知の技術なので簡単に説明する。伝搬路トラッキング部 381（382）は、乗算器 391 によって再変調後の信号と FFT 出力信号を乗算する。乗算後の信号は、乗算器 392 により値  $1-u$  が乗じら
- 25 れて加算器 393 に送出される。加算器 393 では、メモリ 395 に格納された加算結果に乗算器 394 で値  $u$  が乗じられたものと、乗算器 392 の乗算結果とが加算される。そしてこの加算結果がメモリ 395 に格納される。そして

メモリ 395 に格納されている加算値がトラッキング後の伝搬路推定結果として、図 42 の伝搬路推定部 383、384 に送出される。

以上の構成によれば、1 本のアンテナのみから OFDM 信号を送信するといった処理を周期的に行うようにしたことにより、伝搬路変動が速い場合の誤り

5 率特性の劣化を抑制することができる。

(実施の形態 21)

この実施の形態の特徴は、実施の形態 20 と比較して、1 本のアンテナのみから OFDM 信号を送信するといった処理を周期的に行うと共に、この周期を可変とした点である。これにより、実施の形態 20 と比較して、伝搬効率の低下を有効に抑制しながら、誤り率特性の劣化を抑制できる。

1 本のアンテナのみ送信する周期は可変とした方が、伝送効率と誤り率特性を両立させることができる。例えば、情報をできるだけ多く送信したい場合は、1 本のアンテナのみ送信する周期を長くした方がよい。しかし、十分な誤り率特性を得たい場合は、1 本のアンテナのみ送信する周期を短くした方がよい。

15 例えば、他のバーストより多くのデータを送りたい場合には、1 本のアンテナのみ送信する周期を長くする。

図 44 に、この実施の形態の送信系の構成を示す。図 41 との対応部分に同一符号を付して示す図 44 において、この実施の形態の送信系 400 は、大小比較部 402 でのしきい値を選択する選択部 401 を有することを除いて、図

20 44 の送信系 390 と同様の構成でなる。

選択部 401 は、CRC や RSSI 信号等の受信品質情報に基づいてそれぞれ値の異なるしきい値 1 かしきい値 2 (しきい値 1 < しきい値 2 とする) のいずれかを選択出力する。この受信品質情報は、FDD 方式の通信を行っている場合には通信相手により得られたものを用い、TDD 方式の通信を行っている

25 場合には自局で得られたものを用いることが好ましい。

選択部 401 は受信品質が良い場合にはしきい値 2 を選択出力し、悪いことを示すものであった場合にはしきい値 2 よりも値の小さいしきい値 1 を選択

出力する。この結果、送信系400では、受信品質が悪いほど1本のアンテナのみからOFDM信号を送信する周期として短い周期が設定される。このとき受信側では、伝搬路トラッキング処理を高精度で行うことができるようになるので、受信品質を向上させることができる。

- 5     以上の構成によれば、1本のアンテナのみからOFDM信号を送信するといった処理を周期的に行うと共に、この周期を可変としたことにより、実施の形態20よりも一段と伝送効率と誤り率特性を両立させることができる。

- 10    なおこの実施の形態では、周期を可変とする条件として、要求される送信データ量や受信品質を挙げたが、この条件はこれに限らない。例えば伝搬路変動速度を推定（例えば前回のバーストとの伝搬路推定結果の差がしきい値を超えたら伝搬路の変動が速いとみなす）し、この変動速度がしきい値を超えたら、周期を短くするといった方法がある。

（実施の形態22）

- 15    この実施の形態の特徴は、複数のアンテナ（例えばマルチセクタアンテナ）を使用する場合、どのアンテナを使用しても干渉補償部で用いる逆行列の行列式の絶対値が小さくなるような伝搬環境の場合は、1本のアンテナのみからOFDM信号を送信するようにした点である。これにより伝送効率と誤り率特性の両立を図ることができる。

- 20    マルチセクタアンテナのように複数のアンテナを使用する場合、セクタを変えることによって、複数のアンテナから異なるデータを同時に送信しても誤り率特性が劣化しない伝搬環境にすることも可能である。

- 25    この実施の形態では、この点に着目して、マルチセクタアンテナのように複数のアンテナを使用する場合、どのアンテナを選択しても干渉補償部で用いる逆行列の行列式の絶対値が小さい伝搬環境のときだけ、1本のアンテナのみからOFDM信号を送信する。

図45に、この実施の形態の受信系の構成を示す。図36との対応部分に同一符号を付して示す図45において、受信系410はマルチセクタアンテナ4

1 3-1、4 1 3-2、4 1 4-1、4 1 4-2を有すると共に、当該マルチセクタアンテナ4 1 3-1、4 1 3-2、4 1 4-1、4 1 4-2のうち所定のアンテナを選択する選択部4 1 1、4 1 2を有する。

5 選択部4 1 1、4 1 2は、大小比較部2 6 1からの判定信号S 1 0に基づいて受信アンテナを選択する。例えば最初に選択部4 1 1がアンテナ4 1 3-1を選択しかつ選択部4 1 2がアンテナ4 1 4-1を選択して、これらのアンテナからの受信信号に基づいて受信信号を受信復調する。このとき大小比較部2 6 1により、絶対値 $|AD-BC|$ がしきい値1を下回っていることを示す判定結果S 1 0が得られると、選択部4 1 1が受信アンテナをアンテナ4 1 3-1  
10 2に切り替えると共に選択部4 1 2が受信アンテナをアンテナ4 1 4-2に切り替える。

受信系4 1 0は、このように受信アンテナを切り替えても相変わらず、大小比較部2 6 1により、絶対値 $|AD-BC|$ がしきい値1を下回っていることを示す判定結果S 1 0が得られると、大小比較部3 2 2から送信系に対して、  
15 1本のアンテナのみからOFDM信号を送信することを指示する判定信号S 4 0を送出する。因みに、図4 5の場合には大小比較部3 2 2のしきい値4は「1」に設定されており、カウンタ3 2 1のカウント値が「2」となったとき、1本のアンテナのみからOFDM信号を送信することを指示する判定信号S 4 0を送出するようになっている。

20 以上の構成によれば、複数のアンテナを使用する場合、どのアンテナを選択しても干渉補償部で用いる逆行列の行列式の絶対値が小さい伝搬環境のときだけ、1本のアンテナのみからOFDM信号を送信するようにしたことにより、複数アンテナを用いた場合に、伝送効率と誤り率特性の両立を図ることができる。

25 なおこの実施の形態では、干渉補償部で用いる逆行列の行列式の絶対値が小さくなったときに、セクタアンテナを切り替える場合について述べたが、セクタアンテナを切り替える方法はこれに限らない。例えば干渉補償部で用いる逆

行列の行列式の絶対値がしきい値を下回るサブキャリア数があるしきい値を上回ったときに、セクタアンテナを切り替えるようにしてもよい。また干渉補償部で用いる逆行列の行列式の絶対値がしきい値を下回るサブキャリア数が連続するときに、セクタアンテナを切り替えるようにしてもよい。

- 5      また上述の実施の形態 1 2 ～ 1 7 及び 2 2 では、干渉補償で用いる逆行列の行列式の絶対値を、複数のアンテナのうちいずれか 1 つのアンテナのみから OFDM 信号を送信するか否かを判断するための基準として用いたが、本発明はこれに限らず、要は伝搬路推定精度が低い場合にいずれか 1 つのアンテナのみから OFDM 信号を送信すればよい。

10      (実施の形態 2 3)

- 図 4 6 (A)、(B) に、本発明の実施の形態 2 3 の OFDM 通信装置から送信される OFDM 信号の模式図を示す。この実施の形態の特徴は、伝搬路推定用プリアンブルを送信するシンボルの特定のサブキャリアはヌル信号とし、他のアンテナは同一時間に前記ヌル信号を挿入したサブキャリアのみから伝搬路推定用プリアンブルを送信することである。そして受信側では、ヌル信号を挿入したサブキャリアの伝搬路推定結果を補間により算出する。これにより、伝搬路推定結果に残留誤差偏差が生じないようにすることができ、誤り率特性の劣化を防ぐことができる。
- 15

- 図 4 6 (A)、(B) に示すフレームフォーマットの OFDM 信号は、図 1 0 に示すアンテナ AN 1、AN 2 からそれぞれ送信される。因みに図 4 6 (A)、(B) において、例えば DATA 1 (N, K) とは、DATA 1 が示されている時間及び周波数にデータ 1 に関する N シンボル目が K 番目のサブキャリアで送信されていることを表す。同様に、伝搬路推定用プリアンブル (1, k - 1) とは、伝搬路推定用プリアンブル (1, k) が示されている時間及び周波数に伝搬路推定用プリアンブルの 1 シンボル目が k - 1 番目のサブキャリアで送信されていることを表す。
- 20
- 25

図 4 6 (A)、(B) から分かるようにアンテナ AN 1 から伝搬路推定用



プリアンブルが送信されているサブキャリアと同一時間及び同一周波数のサブキャリアについては、アンテナAN 2からは伝搬路推定用プリアンブルを送信しないようにしている。同様に、アンテナAN 2から伝搬路推定用プリアンブルが送信されているサブキャリアと同一時間及び同一周波数のサブキャリアについては、アンテナAN 2からは伝搬路推定用プリアンブルを送信しないようにしている。

但し、この実施の形態の場合、図46 (A) に示す第1のOFDM信号と、図46 (B) に示す第2のOFDM信号とを見れば分かるように、時点 $t_1$ から時点 $t_2$ の同一時間内で同一のサブキャリアでは同時に伝搬路推定用プリアンブルを送信しないものの、異なるサブキャリアを用いて同時に伝搬路推定用プリアンブルを送信するようにしている。

これにより、この実施の形態のOFDM通信装置においては、第1及び第2のOFDM信号間の同一時間の同一サブキャリアに伝搬路推定用プリアンブルを配置しないようにしたことにより伝搬路推定用プリアンブル間での干渉による伝搬路推定用プリアンブルの劣化を防止することができると共に、同一時間の異なるサブキャリアに伝搬路推定用プリアンブルを配置したことにより第1及び第2のOFDM信号間で残留位相誤差の無い伝搬路補償を行うことができるようになされている。

図47は、この実施の形態のOFDM通信装置の送信系の構成を示すブロック図である。図47において、1110は全体として実施の形態23に係るOFDM通信装置の送信系の構成を示す。送信系1110は、送信信号を符号化部1111に入力し、当該符号化部1111により符号化処理後の信号をプリアンブル挿入部1112に送出する。

この実施の形態の場合、送信信号は2つのデータ1、データ2がフレーム単位で交互に時分割多重された信号となっている。例えば期間Tの間はNシンボル分のデータ1の信号が符号化部1111に入力され、続く期間Tの間はNシンボル分のデータ2が符号化部1111に入力されるようになっている。

プリアンブル挿入部 1 1 1 2 は、符号化処理後の各データ 1、データ 2 の境界位置（この実施の形態の場合、N シンボル間隔）に 1 シンボル分のプリアンブルを挿入し、選択部 1 1 1 3 に送出する。選択部 1 1 1 3 には、ヌル信号（すなわち信号レベルが 0 の信号）が入力される。

- 5 選択部 1 1 1 3 は、続く逆高速フーリエ変換部 (I F F T) 1 1 1 6 により、データ 1 についての伝搬路推定用プリアンブルが、奇数番目のサブキャリアにのみ重畳され、偶数番目のサブキャリアには重畳されないようなタイミングでヌル信号を選択して出力する。また選択部 1 1 1 3 は、続く I F F T 1 1 1 7
- 10 キャリアにのみ重畳され、奇数番目のサブキャリアには重畳されないようなタイミングでヌル信号を選択して出力する。

- 変調部 1 1 1 4 は選択部 1 1 1 3 により選択的に出力された信号に対して、例えば B P S K (Binary Phase Shift Keying)、Q P S K (Quadrature Phase Shift Keying) や 1 6 値 Q A M (Quadrature Amplitude Modulation) 等のディ
- 15 ジタル変調処理を施す。変調後の信号はシリアルパラレル変換部 (S / P) 1 1 1 5 によりデータ 1 の信号と、データ 2 の信号とに分けられて、それぞれ I F F T 1 1 1 6、1 1 1 7 に送出される。

- 各 I F F T 1 1 1 6、1 1 1 7 は、プリアンブル及びヌル信号を含むデータ 1、データ 2 についての信号に対して逆高速フーリエ変換処理を施すことにより、図 4 6 (A)、(B) に示すような O F D M 信号を形成する。逆高速フー
- 20 リエ変換処理後の各出力信号 1、2 は、図示しない乗算器によりそれぞれ所定周波数の搬送波に重畳され、またバンドパスフィルタにより所定の周波数帯域に帯域制限された後、アンテナ A N 1、アンテナ A N 2 からそれぞれ発信される。

- 25 図 4 8 は、図 4 7 の送信系 1 1 1 0 を有する O F D M 通信装置から送信された O F D M 信号を受信する O F D M 通信装置の受信系の構成を示す。図 7 との対応部分に同一符号を付して示す図 4 8 において、この実施の形態の受信系 1

120は、係数算出部1121の構成が異なることを除いて、図7で上述した受信系20と同様の構成でなる。

この実施の形態の係数算出部1121の構成を、図49に示す。図8との対応部分に同一符号を付して示す図49において、係数算出部1121は、各メモリ41～45に対応した補間部1122～1125を有することを除いて、図8で上述した係数算出部27と同様の構成でなる。

すなわち係数算出部1121は、伝搬路推定部23、25により得られた4つの伝搬路特性A、B、C、Dをメモリ41～45に格納に格納した後、それぞれ対応する補間部1122～1125に送出する。各補間部1122～1125は隣接サブキャリアの伝搬路推定結果を加算して1/2することにより、ヌル信号を挿入することにより欠落しているサブキャリアの伝搬路特性を補間により算出する。

具体的に説明する。受信アンテナAN1に対応する伝搬路推定部23により伝搬路特性A及び伝搬路特性Bが推定され、これらがそれぞれメモリ41及びメモリ42に格納されることになる。また受信アンテナAN4に対応する伝搬路推定部25により伝搬路特性C及び伝搬路特性Dが推定され、これらがそれぞれメモリ43及びメモリ45に格納されることになる。

ところで、伝搬路特性A及び伝搬路特性Bについては、図46(A)に示すように、奇数番目のサブキャリアにのみ重畳された伝搬路推定用プリアンブルに基づいて求められたものであり、偶数番目のサブキャリアについての伝搬路特性A、Bは欠落したものとなっている。このためこの実施の形態では、この欠落した偶数番目のサブキャリアの伝搬路特性を互いに隣接する奇数番目のサブキャリアの伝搬路推定用プリアンブルにより推定された伝搬路特性を用いて求めるようになされている。

例えば補間部1122では、伝搬路推定用プリアンブル(1, 1)と伝搬路推定用プリアンブル(1, 3)を用いて推定した1番目のサブキャリアについての伝搬路特性A1と3番目のサブキャリアについての伝搬路特性A3とを

用いて、2番目のサブキャリアについての伝搬路特性 $A_2$ を $A_2 = (A_1 + A_3) / 2$ により求める。補間部1123も同様にして互いに隣接する奇数番目のサブキャリアについての伝搬路特性 $B$ を用いて、欠落している偶数番目のサブキャリアについての伝搬路特性 $B$ を算出するようになっている。

- 5 一方、伝搬路特性 $C$ 及び伝搬路特性 $D$ については、図46(B)に示すように、偶数番目のサブキャリアにのみ重畳された伝搬路推定用プリアンプルに基づいて求められたものであり、奇数番目のサブキャリアについての伝搬路特性 $C$ 、 $D$ は欠落したものとなっている。このためこの実施の形態では、この欠落した奇数番目のサブキャリアの伝搬路特性を互いに隣接する偶数番目のサブ
- 10 キャリアの伝搬路推定用プリアンプルにより推定された伝搬路特性を用いて求めるようになされている。

- 例えば補間部1124では、伝搬路推定用プリアンプル(2, 2)と伝搬路推定用プリアンプル(2, 4)を用いて推定した2番目のサブキャリアについての伝搬路特性 $C_2$ と4番目のサブキャリアについての伝搬路特性 $C_4$ とを用いて、3番目のサブキャリアについての伝搬路特性 $C_3$ を $C_3 = (C_2 + C_4) / 2$ により求める。補間部1125も同様にして互いに隣接する偶数番目のサブキャリアについての伝搬路特性 $D$ を用いて、欠落している奇数番目のサブキャリアについての伝搬路特性 $D$ を算出するようになっている。
- 15

- 図50に、各補間部1122～1125の構成例を示す。伝搬路特性 $A$ を補間する補間部1122を例にとって説明する。補間部1122はまず1番目のサブキャリアについての伝搬路特性 $A_1$ をパラレルシリアル変換部(P/S)1130に入力すると共に遅延部1131を介して平均化部1132に送出する。続いて補間部1122は3番目のサブキャリアについての伝搬路特性 $A_3$ をパラレルシリアル変換部1130及び平均化部1132に入力すると共に
- 25 に遅延部1131を介して平均化部1132に送出する。この結果、平均化部1132で伝搬路特性 $A_1$ と $A_3$ との平均(すなわち2番目のサブキャリアについての伝搬路特性 $A_2$ )が求められ、これがパラレルシリアル変換部113

0に送出される。パラレルシリアル変換部1130は、伝搬路特性A1、A2、A3の順にデータを並べ替えて出力信号として出力する。この後、同様の処理を繰り返すことにより、欠落した偶数番目のサブキャリアについての伝搬路特性を得る。

- 5 以上の構成において、この実施の形態のOFDM通信装置は、同一時間に送信する第1及び第2のOFDM信号における互いに同一時間かつ同一周波数のサブキャリアにおいて、一方のサブキャリアには伝搬路推定用プリアンブルを配置すると共に他方のサブキャリアにはヌル信号を配置する。この結果、伝搬路推定用プリアンブルは伝搬路において他の信号の干渉を受けずに受信装置により受信されるので、受信側で当該伝搬路推定用プリアンブルに基づき良好な伝搬路補償を行うことができる。

- 加えて、この実施の形態のOFDM通信装置は、第1及び第2のOFDM信号の一方のOFDM信号にのみ伝搬路推定用プリアンブルを配置するのではなく、両方のOFDM信号に分散するように伝搬路推定用プリアンブルを配置して送信する。この結果、アンテナAN1から送信されるOFDM信号の伝搬路推定用プリアンブルから求められる伝搬路特性A、Bと、アンテナAN2から送信されるOFDM信号の伝搬路推定用プリアンブルから求められる伝搬路特性C、Dが共に、同時に送信された伝搬路推定用プリアンブルに基づいて求められるので、伝搬路特性A、Bと伝搬路特性C、Dとの間には、残留位相誤差が無くなる。

かくして、この実施の形態のOFDM通信装置からの信号を受信して復調するOFDM通信装置では、残留位相誤差の無い伝搬路特性A～Dに基づいて受信信号を伝搬路補償して復調できるので、誤り率特性の向上した受信信号を得ることができるようになる。

- 25 以上の構成によれば、複数のアンテナAN1、AN2からOFDM信号を送信する場合に、同一時間の同一周波数のサブキャリアの一方に伝搬路推定用プリアンブルを配置し他方にヌル信号を配置すると共に、各OFDM信号で少な

くとも1つのサブキャリアには伝搬路推定用プリアンプルを配置するようにしたことにより、伝搬路推定結果に残留位相誤差が生じないようにすることができる。この結果、誤り率特性の劣化を防ぐことができる。

- また受信側において、ヌル信号が送信されたサブキャリアについての伝搬路特性を、当該サブキャリアに隣接する伝搬路推定用プリアンプルが重畳されたサブキャリアの伝搬路特性を用いて補間するようにしたことにより、全てのサブキャリアについて伝搬路補償して誤り率特性の劣化の少ない受信信号を得ることができる。

- なお上述の実施の形態では、2本のアンテナAN1、AN2から2つのOFDM信号を送信し、2本のアンテナAN3、AN4で受信する場合について述べたが、本発明はこれに限らず、任意の本数のアンテナを用いて任意の数のOFDM信号を送受信する場合に適用可能である。例えばアンテナが3本の場合は、伝搬路推定用プリアンプルを2サブキャリアおきに送信し、間の2サブキャリアにヌル信号を挿入すればよい。

#### 15 (実施の形態24)

この実施の形態のOFDM通信装置の特徴は、ヌル信号を送信するサブキャリアを可変と点である。これによりこの実施の形態では、マルチパスの遅延時間が長い場合の誤り率特性の劣化を防ぐことができるようになされている。

- つまり、マルチパスの遅延時間が長い場合には、隣接サブキャリア間での伝搬路特性の偏差が大きくなる。このような場合、ヌル信号を送信するサブキャリアを固定すると、ヌル信号を送信したサブキャリアの伝搬路推定誤差が大きくなるため、誤り率特性の劣化が大きくなる。この点に着目して、この実施の形態では、ヌル信号を送信するサブキャリアを可変とするようにした。

- この実施の形態での各アンテナAN1、アンテナAN2から送信するOFDM信号のフレームフォーマットを、図51(A)、(B)に示す。この図からも明らかなように、ある時間ではアンテナAN1からは奇数番目のサブキャリアに伝搬路推定用プリアンプルを重畳し、アンテナAN2からは偶数番目のサ

- ブキャリアに伝搬路推定用プリアンプルを重畳する。これに対して、一定のデータ伝送期間を隔てて、次に伝搬路推定用プリアンプルを送信する際には、アンテナAN1からは偶数番目のサブキャリアに伝搬路推定用プリアンプルを重畳し、アンテナAN2からは奇数番目のサブキャリアに伝搬路推定用プリアンプルを重畳するようになっている。

實際上、伝搬路推定結果の更新は複数シンボル（例えば8シンボル、図51（A）、（B）ではNで表している）において平均化処理を行うため、ヌル信号を送信するサブキャリアを可変とすることにより、伝搬路推定誤差を低減し、誤り率特性の劣化を防ぐことができる。

- 10 これを実現するためのOFDM通信装置の構成を、図47を流用して説明する。図51（A）、（B）に示すフレームフォーマットのOFDM信号を形成するためには、実施の形態23と比較して、図47の選択部1113においてヌル信号を選択するタイミングを変更すればよい。

- 次に、図51（A）、（B）に示すフレームフォーマットのOFDM信号を受信して伝搬路補償する受信系では、図49について上述した係数算出部1121の構成を変更すればよい。この実施の形態の係数算出部の構成を、図52に示す。図49との対応部分に同一符号を付して示す図52において、係数算出部1140は、各伝搬路特性A～Dに対応するメモリ41及び141、42及び1142、43及び1143、44及び1144が2つずつとなっている点と、メモリ41及び1141、42及び1142、43及び1143、44及び1144の前段及び後段に選択部1145～1148、1149～1152が設けられている点を除いて、実施の形態23の係数算出部1121と同様の構成でなる。

- 具体的に伝搬路特性Aについて説明する。まず図51（A）に示す期間t1～t2における奇数番目のサブキャリアに重畳された伝搬路推定用プリアンプル（1，1）……伝搬路推定用プリアンプル（1，k-1）に基づいて推定された複数の伝搬路特性Aが選択部1145を介してメモリ41に格納さ

れる。メモリ 4 1 に格納された伝搬路特性 A は選択部 1 1 4 9 を介して補間部 1 1 2 2 に送出される。補間部 1 1 2 2 では、実施の形態 2 3 で説明したように奇数番目のサブキャリアの伝搬路特性 A を用いて、その間の偶数番目のサブキャリアの伝搬路特性を算出（補間）する。そして期間  $t_1 \sim t_2$  での全ての  
5 サブキャリアについての伝搬路特性 A が求められる。

次に、期間  $t_3 \sim t_4$  における偶数番目のサブキャリアに重畳された伝搬路推定用プリアンブル（1， 2）……伝搬路推定用プリアンブル（1， k）に基づいて推定された複数の伝搬路特性 A が選択部 1 1 4 5 を介してメモリ 1 1 4 1 に格納される。メモリ 1 1 4 1 に格納された伝搬路特性 A は選択部 1 1  
10 4 9 を介して補間部 1 1 2 2 に送出される。補間部 1 1 2 2 では、偶数番目のサブキャリアの伝搬路特性 A を用いて、その間の奇数番目のサブキャリアの伝搬路特性を算出する。そして期間  $t_3 \sim t_4$  での全てのサブキャリアについての伝搬路特性 A が求められる。伝搬路特性 B、C、D についても同様なので説明を省略する。

15 以上の構成において、マルチパスの状態により OFDM 信号の各サブキャリアはそれぞれ周波数選択性フェージングにより異なるフェージングを受ける。マルチパス遅延時間が長い場合には、同じサブキャリアのみが長い時間周波数選択性フェージングを受けることになり、このサブキャリアに伝搬路推定用プリアンブルが配置されていないと、良好に伝搬路補償を行うことができないこ  
20 とになる。

しかし、この実施の形態では、伝搬路推定用プリアンブルを配置するサブキャリアを時間毎に変化させているので、マルチパス遅延時間が長い場合でも特定のサブキャリアでの誤り率の劣化を防止し得るようになっている。

以上の構成によれば、実施の形態 2 3 の構成に加えて、伝搬路推定用プリアンブルを配置するサブキャリアを時間によって可変とするようにしたことにより、マルチパス遅延時間が長い場合の誤り率特性を向上させることができる。

（実施の形態 2 5）



この実施の形態のOFDM通信装置の特徴は、第1のアンテナAN1から2シンボル連続した伝搬路推定用プリアンブルを配置したOFDM信号を送信すると共に、第2のアンテナAN2から前記2シンボル連続した伝搬路推定用プリアンブルの時間的に直前と直後に1シンボルずつ伝搬路推定用プリアンブルを配置したOFDM信号を送信するようにした点である。

これにより、上述した実施の形態23及び実施の形態24と比較して、補間処理を行うことなく、全てのサブキャリアの伝搬路特性を実際に受信した伝搬路推定用プリアンブルに基づいて推定することができるので、マルチパス遅延時間が長い場合でも各サブキャリアについて一段と精度の良い伝搬路特性を得ることができる。

この実施の形態での各アンテナAN1、アンテナAN2から送信するOFDM信号のフレームフォーマットを、図53(A)、(B)に示す。図53(B)に示すように、ある時間 $t_2 \sim t_3$ 及び時間 $t_3 \sim t_4$ で、アンテナAN2から全てのサブキャリアを使って2シンボル連続した伝搬路推定用プリアンブルを配置したOFDM信号を送信する。

一方、時間 $t_2 \sim t_3$ 及び時間 $t_3 \sim t_4$ の直前の時間 $t_1 \sim t_2$ で、アンテナAN1から全てのサブキャリアを使って1シンボル分の伝搬路推定用プリアンブルを配置したOFDM信号を送信する。同様に時間 $t_2 \sim t_3$ 及び時間 $t_3 \sim t_4$ の直後の時間 $t_4 \sim t_5$ で、アンテナAN1から全てのサブキャリアを使って1シンボル分の伝搬路推定用プリアンブルを配置したOFDM信号を送信する。

図53(A)、(B)のようなフレームフォーマットのOFDM信号を形成するOFDM通信装置の送信系の構成例を、図54に示す。図47との対応部分に同一符号を付して示す図54において、送信系1160は、プリアンブル挿入部1161の機能が異なる点と、選択部1113(図47)が省略されている点を除いて、図47の送信系1110と同様の構成でなる。

すなわちプリアンブル挿入部1161は、IFFT1117による逆フーリ

エ変換処理後の出力信号2が図53(B)に示すようなフレームフォーマットとなるように、符号化後の信号に2シンボル連続した伝搬路推定用プリアンブルを挿入する。またプリアンブル挿入部1161は、IFFT1116による逆フーリエ変換処理後の出力信号1が図53(A)に示すようなフレームフォーマットとなるようなタイミングで、符号化後の信号に1シンボルずつ伝搬路推定用プリアンブルを挿入する。

以上の構成において、この実施の形態のOFDM通信装置から送信された2つのOFDM信号は、図53(A)、(B)に示すように、伝搬路推定用プリアンブルがそれぞれ異なる時間 $t_1 \sim t_2$ 、 $t_2 \sim t_3$ 、 $t_3 \sim t_4$ 、 $t_4 \sim t_5$ に送信されるので、受信側で各伝搬路推定用プリアンブルに基づいて求められる伝搬路特性A、BとC、Dとでは、アンテナ間での残留位相誤差の偏差が生じてしまう。

しかし、図55に示すように、これらのアンテナ間での残留位相誤差の偏差は、合成すると全体としてキャンセルされるので、受信系の係数算出部1121(図48)では、結果としてアンテナ間での残留位相誤差の偏差の影響のない伝搬路補償のための係数を得ることができる。これにより、誤り率の向上した受信信号を得ることができるようになる。

因みに図55において、点線は時間 $t_1 \sim t_2$ において送信された伝搬路推定用プリアンブル(図53(A))の残留位相誤差の偏差の様子を表し、二点差線は時間 $t_4 \sim t_5$ において送信された伝搬路推定用プリアンブル(図53(A))の残留位相誤差の偏差の様子を表し、破線は2シンボル連続した伝搬路推定用プリアンブルのうち1シンボル目の伝搬路推定用プリアンブル(図53(B))の残留位相誤差の偏差の様子を表し、一点鎖線は2シンボル連続した伝搬路推定用プリアンブルのうち2シンボル目の伝搬路推定用プリアンブル(図53(B))の残留位相誤差の偏差の様子を表す。図55に示すように、これらの伝搬路推定用プリアンブルは、合成するとアンテナ間での残留位相誤差の偏差がなくなる。

また図53 (A)、(B)に示すようなフレームフォーマットのOFDM信号を送信すれば、全てのサブキャリアに伝搬路推定用プリアンブルを配置することができるので、マルチパス遅延時間に拘わらず、全てのサブキャリアについて実際の伝搬路推定用プリアンブルを用いた伝搬路特性を求めることができるので、如何なるマルチパス環境下でも誤り率特性の良い受信信号を得ることができる。

以上の構成によれば、特定のアンテナから2シンボル連続して伝搬路推定用プリアンブルが配置されたOFDM信号を送信すると共に、他のアンテナから前記2シンボル連続した伝搬路推定用プリアンブルの時間的に直前と直後に1シンボルずつ伝搬路推定用プリアンブルが配置されたOFDM信号を送信するようにしたことにより、一段と誤り率特性を向上し得るOFDM通信装置を実現することができる。

#### (実施の形態26)

この実施の形態のOFDM通信装置の特徴は、実施の形態23の構成に加えて、OFDM信号のバースト区間内に2シンボル以上の伝搬路推定用プリアンブルを配置すると共に、各シンボルによって伝搬路推定用プリアンブルを配置するサブキャリアを変えた点である。

これによりこの実施の形態では、実施の形態23と比較して、1シンボル目ではヌル信号が配置されたサブキャリアでも、2シンボル目では伝搬路推定用プリアンブルが配置されるので、サブキャリア全体としての伝搬路推定特性が向上する。またヌル信号が挿入されたサブキャリアを補間により求める場合の補間値の精度を向上させることができる。

この実施の形態での各アンテナAN1、アンテナAN2から送信するOFDM信号のフレームフォーマットを、図56 (A)、(B)に示す。この図に示すように、時間 $t_1 \sim t_2$ では、第1のOFDM信号では奇数番目のサブキャリアに伝搬路推定用プリアンブルを配置し、偶数番目のサブキャリアにヌル信号を配置する。また第2のOFDMでは偶数番目のサブキャリアに伝搬路推定

用プリアンプルを配置し、奇数番目のサブキャリアにヌル信号を配置する。

これに対して、続く時間  $t_2 \sim t_3$  では、第1のOFDM信号では偶数番目のサブキャリアに伝搬路推定用プリアンプルを配置し、奇数番目のサブキャリアにヌル信号を配置する。また第2のOFDMでは奇数番目のサブキャリアに伝搬路推定用プリアンプルを配置し、偶数番目のサブキャリアにヌル信号を配置する。

このようにこの実施の形態のOFDM通信装置では、バースト区間内で伝搬路推定用プリアンプルを配置するサブキャリアを変化させる。因みにバースト区間とは時間  $t_1 \sim t_4$  までの期間を表し、伝搬路推定用プリアンプルによって伝搬路補償される単位送信信号区間を表す。

図56(A)、(B)のようなフレームフォーマットのOFDM信号は、実施の形態23で説明した、図47のプリアンプル挿入部1112及び選択部1113において、図56(A)、(B)に示すように各アンテナAN1、AN2につき2シンボル分の伝搬路推定用プリアンプルを挿入すると共に、所定のタイミングでヌル信号を挿入することで形成することができる。

また図56(A)、(B)のようなフレームフォーマットのOFDM信号を受信して復調する受信系は、実施の形態23で説明した、図48の受信系1120の係数算出部1121の構成を、図57に示すように変更すればよい。

実施の形態24で説明した図52との対応部分に同一符号を付して示す図57において、この実施の形態の係数算出部1170は、各伝搬路特性A～Dを時間方向に平均化する平均化部1171～1174を有することを除いて、図52の係数算出部1140と同様の構成でなる。

平均化部1171～1174のうち平均化部1171に着目して説明する。補間部1122では、図56(A)の伝搬路推定用プリアンプル(1, 1)に基づいて推定された伝搬路特性Aと伝搬路推定用プリアンプル(1, 3)に基づいて推定された伝搬路特性Aを用いてその間のサブキャリアの伝搬路特性Aを補間により求める。このようにして補間部1122では周波数方向の伝搬

路特性Aの補間値が求められる。

補間部1122で求められた補間値は平均化部1171に送出され、また平均化部1171にはメモリ1141及び選択部1149を介して伝搬路推定用プリアンブル(1, 2)に基づいて推定された伝搬路特性Aが入力される。

- 5 平均化部1171は、補間部1122から入力された補間値と選択部1149から入力された伝搬路特性Aを平均化することにより、ヌル信号が配置されたサブキャリアの最終的な伝搬路特性Aを求める。他の平均化部1172～1174についても同様である。

- 10 このようにこの実施の形態では、OFDM信号のバースト区間内に2シンボル以上の伝搬路推定用プリアンブルを配置すると共に、各シンボルによって伝搬路推定用プリアンブルを配置するサブキャリアを変えたことにより、受信側で、ヌル信号が配置されたサブキャリアに関して、周波数方向に加えて時間方向を加味した補間値を得ることができるので、実施の形態23と比較してどのようなマルチパス環境下においても、一段と誤り率特性の向上した受信信号を得ることができるようになる。

本発明は、上述した実施の形態に限定されずに、種々変更して実施することができる。

- 20 (1) 本発明の第1の態様は、複数のアンテナからそれぞれ異なるデータが重畳されたOFDM信号を送信すると共に、前記OFDM信号の特定のサブキャリアをパイロットキャリアとして送信するOFDM通信方法であって、パイロットキャリアは複数のアンテナのうちいずれか1つのアンテナのみから送信し、当該アンテナ以外のアンテナからは、パイロットキャリアを送信しているサブキャリアに対応する周波数帯域のサブキャリアによりヌル信号を送信する。

- 25 この方法によれば、パイロットキャリアの伝搬路上での干渉を防止することができるので、受信側で高精度の残留位相誤差を検出できる。この結果、誤り率特性の向上した受信信号を得ることができる。

(2) 本発明の第2の態様は、(1)において、パイロットキャリアを送信するアンテナを、複数のアンテナの中で切り替えるようにする。

この方法によれば、(1)の効果に加えて、回線変動が遅い場合の長時間に亘る残留位相誤差検出精度の低下を防止できる。

- 5      (3) 本発明の第3の態様は、複数のアンテナからそれぞれ異なるデータが重畳されたOFDM信号を送信すると共に、前記OFDM信号の特定のサブキャリアをパイロットキャリアとして送信するOFDM通信方法であって、複数のアンテナの互いに周波数帯域の異なるサブキャリアをパイロットキャリアとして送信し、あるアンテナにおいてパイロットキャリアが送信されているサブキャリアに対応する、他のアンテナにおけるサブキャリアによりヌル信号を送信する。

- 10      この方法によれば、パイロットキャリアの伝搬路上での干渉を防止することができるので、高精度の残留位相誤差を検出でき、誤り率特性の向上した受信信号を得ることができるのに加えて、各アンテナから送信されるOFDM信号のピーク電圧を低減することができる。

- 20      (4) 本発明の第4の態様は、(1)～(3)において、ある特定のサブキャリアについては、複数のアンテナのうちいずれか1つのアンテナのみからデータを送信し、当該アンテナ以外のアンテナからは、当該データを送信しているサブキャリアに対応する周波数帯域のサブキャリアによりヌル信号を送信する。

この方法によれば、(1)～(3)での効果に加えて、ある特定のサブキャリアにより送信されたデータは、他のOFDM信号の対応するサブキャリアからの干渉を受けないので、このデータの誤り率特性を向上させることができる。

- 25      (5) 本発明の第5の態様は、(4)において、特定のサブキャリアは、OFDM信号の中心周波数から離れたサブキャリアとする。

この方法によれば、隣接チャネル干渉波や、アナログフィルタの振幅偏差及び群遅延偏差の影響を受け易い中心周波数から離れたサブキャリアによりデ

ータを伝送することになるのでデータの誤り率特性を向上させることができる。

(6) 本発明の第6の態様は、(4)又は(5)において、特定のサブキャリアにおいてデータを送信するアンテナを複数のアンテナの中で切り替える。

- 5 この方法によれば、(4)や(5)での効果に加えて、ピーク電圧を低減できると共に、回線変動が非常に遅い場合に特定のサブキャリアの受信レベルが落ち込んだままとなることを防ぐことができる。

- (7) 本発明の第7の態様は、(1)～(6)において、直流点のサブキャリアについては、1本のアンテナのみからデータを送信し、他のアンテナから  
10 はヌル信号を送信する。

- この方法によれば、(1)～(6)での効果に加えて、アナログ回路の直流オフセットにより他のサブキャリアと比較して誤り率特性が劣化し易い、直流点のサブキャリアにより伝送されるデータが他のOFDM信号の対応するサブキャリアからの干渉を受けなくなるので、当該サブキャリアにより伝送され  
15 るデータの誤り率特性を向上させることができる。

(8) 本発明の第8の態様は、(1)～(3)において、特定のバースト信号は1本のアンテナのみから送信し、このバースト信号を送信している間は他のアンテナからはヌル信号を送信する。

- この方法によれば、(1)～(3)での効果に加えて、特定のバースト信号  
20 は伝搬路上で他のアンテナからの送信信号により全く干渉を受けなくなるので、特定のバースト信号についての受信側での誤り率特性が向上する。この結果、特定のバースト信号のみ誤り率特性を一段と向上させることができ、多様性のある無線通信を実現することができる。

- (9) 本発明の第9の態様は、(8)において、特定のバースト信号を複数  
25 に分割し、分割したバースト信号を送信するアンテナを切り替える。

この方法によれば、(8)での効果に加えて、1本のアンテナの送信サブキャリア数を低減できるので、この分ピーク電力を低減できるようになる。

(10) 本発明の第10の態様は、(8)の特定のバースト信号は、他のバースト信号より良好な品質が要求されるバースト信号であるようにする。

この方法によれば、例えば制御用のバースト信号や再送用のバースト信号のように重要なバースト信号を、特定のバースト信号として選定すれば、当該特定のバースト信号は伝搬路上で他のアンテナからの送信信号により全く干渉を受けなくなるので、受信側での誤り率特性が向上する。また制御用バースト信号や再送用バースト信号のように他のバースト信号と比較して良好な誤り率特性が要求されるバースト信号は、全体のバースト信号からみるとその割合は少ないため、伝送効率はほとんど低下しない。この結果、伝送効率をそれほど落とさずに、誤り率特性を一段と向上させることができる。

(11) 本発明の第11の態様は、(8)のOFDM通信方法を上り回線の通信にのみ適用するようにする。

この方法によれば、(8)のOFDM通信方法では、特定のバースト信号を送信している間は他のアンテナからヌル信号を送信している分だけ、伝送効率は低下することになる。これを考慮して、この態様では、伝送データ量の多い下り回線には(8)の方法を用いずに、上り回線にのみ(8)の方法を用いるようにした。この結果、システム全体のスループットの低下を抑制し、かつ端末局のハード規模を増大させずに、上り回線により送信する特定のバースト信号の誤り率特性を有効に向上させることができる。

(12) 本発明の第12の態様は、複数のアンテナからそれぞれ異なるデータが重畳されたOFDM信号を送信するOFDM通信方法であって、送信されたOFDM信号を受信したときの伝搬路推定精度を求め、当該伝搬路推定精度が所定のしきい値よりも低い場合には、複数のアンテナのいずれか1つのアンテナのみからOFDM信号を送信する。

この方法によれば、伝搬路推定精度が悪い伝搬環境下での、誤り率特性の劣化を抑制することができる。

(13) 本発明の第13の態様は、(12)において、OFDM信号を受信



したときに、当該OFDM信号に重畳された既知信号に基づいて各アンテナ間の伝搬路特性を求め、この伝搬路特性を行列成分として表したときの逆行列の行列式の絶対値の大小に基づいて伝搬路推定精度を求める。

この方法によれば、逆行列の行列式の絶対値が小さい場合、演算ビット数の  
5 実効値が小さくなるため、干渉補償部での補償精度が低下し、誤り率特性が劣化することを考慮して、逆行列の行列式の絶対値が小さいときに、1本のアンテナのみからOFDM信号を送信する。この結果、干渉補償部での補償精度が低い伝搬環境下での誤り率特性の劣化を抑制できる。

(14) 本発明の第14の態様は、(13)において、逆行列の行列式の絶対  
10 値の大小をしきい値判定し、逆行列の行列式の絶対値がしきい値よりも小さいときに、複数のアンテナのいずれか1つのアンテナのみからOFDM信号を送信すると共に、当該しきい値をOFDM信号の受信品質に応じて変化させるようにする。

この方法によれば、受信品質が悪い場合には、逆行列の行列式の絶対値の検  
15 出誤差が大きくなるので、受信品質が悪い場合には、前記しきい値を大きい値にする。つまり、1本のアンテナのみからOFDM信号を送信する方向に制御する。この結果、受信品質も加味して、一段と的確に誤り率特性の劣化を抑制し得、かつ不必要な伝送効率の低下を抑制できる。

(15) 本発明の第15の態様は、(13)において、逆行列の行列式の絶対  
20 値の大小を第1のしきい値を用いてしきい値判定し、逆行列の行列式の絶対値が第1のしきい値よりも小さいサブキャリアの数が第2のしきい値よりも多いときに、複数のアンテナのいずれか1つのアンテナのみからOFDM信号を送信する。

この方法によれば、逆行列の行列式の絶対値が小さいサブキャリアが少ない  
25 場合には、復号化部での誤り率訂正効果により誤り率特性を改善できる一方、逆行列の行列式の絶対値が小さいサブキャリアが多い場合には、復号化部での誤り率訂正効果がそれほど期待できないことを考慮して、当該サブキャリアが

多い場合に、1本のアンテナのみからOFDM信号を送信する。この結果、誤り率特性の向上と伝送効率とを両立させることができる。

(16) 本発明の第16の態様は、(13)において、逆行列の行列式の絶対値の大小をしきい値判定し、逆行列の行列式の絶対値がしきい値よりも小さいサブキャリアが所定回数以上連続するときに、複数のアンテナのいずれか1つのアンテナのみからOFDM信号を送信する。

この方法によれば、品質の悪いデータが集中すると、誤り訂正の効果が低下し、誤り率特性が低下することを考慮して、逆行列の行列式の絶対値が小さいサブキャリアが連続するような伝搬環境の場合に、つまり品質の悪いサブキャリアが集中する場合に、1本のアンテナのみからOFDM信号を送信する。この結果、誤り率特性の向上と伝送効率とを両立させることができる。

(17) 本発明の第17の態様は、(16)において、逆行列の行列式の絶対値がしきい値よりも小さいサブキャリアが所定回数以上連続しているか否かを判定するためのしきい値を、OFDM信号の受信品質に応じて変化させるようにする。

この方法によれば、(16)の効果に加えて、受信品質も加味して1本のアンテナのみからOFDM信号を送信する否かを制御できるので、一段と誤り率特性の向上と伝送効率とを両立させることができる。

(18) 本発明の第18の態様は、(1)、(3)又は(12)において、所定の通信単位期間内の最後に送信するバースト信号は、複数のアンテナのうちのいずれか1つのアンテナのみからOFDM信号として送信する。

この方法によれば、受信側での干渉補償回路は通常の同期検波回路より処理遅延が大きいことを考慮して、最後に送信するバースト信号は1つのアンテナのみからOFDM信号として送信することにより、最後のバースト信号の処理遅延を短縮する。この結果、受信を終了してから送信を開始するまでの時間を短縮することができ、この時間が規定されているようなシステムに非常に有効となる。

(19) 本発明の第19の態様は、(1)、(3)又は(12)において、通信相手局が自局に加えて他局ともOFDM通信を行っている場合には、通信相手局に対して複数のアンテナのうちのいずれか1つのアンテナのみからOFDM信号を送信する。

- 5 この方法によれば、互いの通信局間で通信する時間帯を複雑な制御により確保する必要がなくなる。

(20) 本発明の第20の態様は、複数のアンテナからそれぞれ異なるデータが重畳されたOFDM信号を送信するOFDM通信方法であって、通常は複数のアンテナそれぞれからOFDM信号を送信し、周期的に、複数のアンテナ  
10 のいずれか1つのアンテナのみからOFDM信号を送信する。

この方法によれば、受信側において伝搬路推定結果を周期的に更新(伝搬路トラッキング)できるようになるので、伝搬路推定用プリアンプルの間隔に対して伝搬路変動が速い場合の誤り率特性の劣化を抑制することができる。

(21) 本発明の第21の態様は、(20)において、複数のアンテナのい  
15 ずれか1つのアンテナのみからOFDM信号を送信する周期を、要求される伝送効率、要求される受信品質又は伝搬路の変動速度に応じて変えるようにする。

この方法によれば、(20)の効果に加えて、一段と、伝搬効率の低下を有効に抑制しながら、誤り率特性の劣化を抑制できる。

(22) 本発明の第22の態様は、複数のアンテナと、複数の送信データを  
20 それぞれ直交周波数分割多重処理を施すことにより複数のアンテナそれぞれから送信する複数のOFDM信号を形成するOFDM信号形成手段と、各OFDM信号の所定のサブキャリアに既知信号を挿入する既知信号挿入手段と、各OFDM信号の所定のサブキャリアにヌル信号を挿入するヌル信号挿入手段と、を具備し、既知信号挿入手段は、複数のOFDM信号のうちのいずれか1  
25 つのOFDM信号に既知信号を挿入し、ヌル信号挿入手段は、既知信号挿入手段により既知信号が挿入されたOFDM信号以外のOFDMに対して、既知信号が挿入されたサブキャリアに対応する周波数帯域のサブキャリアにヌル信

号を挿入する構成を採る。

この構成によれば、既知信号が配置されたパイロットキャリアの伝搬路上での干渉を防止することができるので、受信側で高精度の残留位相誤差を検出できる。この結果、誤り率特性の向上した受信信号を得ることができる。

- 5      (23) 本発明の第23の態様は、複数のアンテナと、複数の送信データをそれぞれ直交周波数分割多重処理を施すことにより複数のアンテナそれぞれから送信する複数のOFDM信号を形成するOFDM信号形成手段と、各OFDM信号の所定のサブキャリアに既知信号を挿入する既知信号挿入手段と、各OFDM信号の所定のサブキャリアにヌル信号を挿入するヌル信号挿入手段  
10      と、を具備し、既知信号挿入手段は、複数のOFDM信号の互いに周波数帯域の異なるサブキャリアに既知信号を挿入し、ヌル信号挿入手段は、あるOFDM信号において既知信号が挿入されたサブキャリアと対応する周波数帯域の、他のOFDM信号のサブキャリアにヌル信号を挿入する構成を採る。

- この構成によれば、既知信号が配置されたパイロットキャリアの伝搬路上で  
15      の干渉を防止することができるので、受信側で高精度の残留位相誤差を検出でき、誤り率特性の向上した受信信号を得ることができるのに加えて、各アンテナから送信されるOFDM信号のピーク電圧を低減することができる。

- (24) 本発明の第24の態様は、それぞれ異なる送信データを重畳した複数のOFDM信号を形成し、複数のOFDM信号を複数のアンテナから送信する第1のOFDM通信装置と、複数のOFDM信号を複数のアンテナを用いて  
20      受信する第2のOFDM通信装置とを有するOFDM通信システムであって、第2のOFDM通信装置は、複数のOFDM信号の受信信号に基づいて複数アンテナ間の複数の伝搬路特性を算出する伝搬路特性算出手段と、算出された伝搬路特性の精度を判定する判定手段と、を具備し、第1のOFDM通信装置は、  
25      判定手段の判定結果に基づいて、求められた伝搬路特性の精度が所定値よりも低い場合には、複数のアンテナのいずれか1つのみからOFDM信号を送信する構成を採る。

この構成によれば、伝搬路推定精度が悪い伝搬環境下での、誤り率特性の劣化を抑制することができる。

(25) 本発明の第25の態様は、複数のアンテナと、複数の送信データをそれぞれ直交周波数分割多重処理を施すことにより複数のアンテナそれぞれから送信する複数のOFDM信号を形成するOFDM信号形成手段と、通常は複数のアンテナからそれぞれ複数のOFDM信号を送信させ、周期的に、複数のアンテナのいずれか1つのアンテナのみからOFDM信号を送信させる送信制御手段と、を具備する構成を採る。

この構成によれば、受信側において伝搬路推定結果を周期的に更新（伝搬路  
10    トラッキング）できるようになるので、伝搬路推定用プリアンプルの間隔に対して伝搬路変動が速い場合の誤り率特性の劣化を抑制することができる。

(26) 本発明の第26の態様は、それぞれ異なるデータを重畳した複数のOFDM信号を複数のアンテナから同時に送信するOFDM通信方法であって、前記複数のOFDM信号間での同一時間の同一周波数のサブキャリアにつ  
15    いて、1つのサブキャリアに前記伝搬路推定用既知信号を配置し、他のサブキャリアにはヌル信号を配置すると共に、各OFDM信号で少なくとも1つのサブキャリアには前記伝搬路推定用既知信号を配置するようにした。

この方法によれば、各OFDM信号における同一時間の複数サブキャリアのうち少なくとも1つのサブキャリアには伝搬路推定用既知信号が配置される  
20    ので、複数のOFDM信号全てが同一時間の伝搬路推定用既知信号を有するようになる。この結果、各OFDM信号の伝搬路推定用既知信号は受信時に残留位相誤差が非常に小さいものとなり、これらの伝搬路推定用既知信号を基に伝搬路推定値を求め、それに基づいて伝搬路補償を行うようにすれば、誤り率特性の向上した受信信号を得ることができるようになる。

25    (27) 本発明の第27の態様は、異なる複数の送信データそれぞれの所定位置に伝搬路推定用既知信号及びヌル信号を挿入する信号挿入手段と、前記伝搬路推定用既知信号及びヌル信号が挿入された各送信データに対して直交周

波数分割多重処理を施すことにより複数のOFDM信号を形成するOFDM信号形成手段と、各OFDM信号を送信する複数のアンテナとを具備し、信号挿入手段は、複数のOFDM信号間で同一時間に送信されるサブキャリアについて、あるOFDM信号のサブキャリアに前記伝搬路推定用既知信号が配置された場合は他のOFDM信号のこれに対応するサブキャリアにヌル信号が配置されると共に各OFDM信号で少なくとも1つのサブキャリアには前記伝搬路推定用既知信号が配置される位置に、前記伝搬路推定用既知信号及びヌル信号を挿入する構成を採る。

この構成によれば、同一時間に送信する複数のOFDM信号における互いに同一時間かつ同一周波数のサブキャリアにおいて、あるOFDM信号では伝搬路推定用既知信号が配置され、他のOFDM信号ではヌル信号が配置されるようになるので、あるOFDM信号の伝搬路推定用既知信号は他のOFDM信号の干渉を受けない。加えて、各OFDM信号における同一時間の複数サブキャリアのうち少なくとも1つのサブキャリアには伝搬路推定用既知信号を配置するようにしているので、複数のOFDM信号全てが同一時間の伝搬路推定用既知信号を有するようになる。

この結果、各OFDM信号の伝搬路推定用既知信号は受信時に残留位相誤差が非常に小さいものとなり、これらの伝搬路推定用既知信号を基に伝搬路推定値を求め、それに基づいて伝搬路補償を行うようにすれば、誤り率特性の向上した受信信号を得ることができるようになる。

(28) 本発明の第28の態様は、(27)の信号挿入手段が、前記複数のOFDM信号における同一時間のサブキャリアにおいて、各OFDM信号間ではほぼ均等に前記伝搬路推定用既知信号が配置されるように前記伝搬路推定用既知信号及びヌル信号を挿入する構成を採る。

この構成によれば、各々同一時間に複数のサブキャリアを送信するOFDM信号において、各OFDM信号について複数のサブキャリアに伝搬路推定用既知信号が配置されるようになるので、一段と正確に伝搬路推定値を求めること

ができるようになり、一段と誤り率特性を向上させることができる。

- 例えば、各々10個のサブキャリアを有する2つのOFDM信号を送信する場合について考えると、同一時間のサブキャリアについて、第1のOFDM信号には5つのサブキャリアに伝搬路推定用既知信号を配置しかつ5つのサブ
- 5 キャリアにヌル信号を配置すると共に、第2のOFDM信号では第1のOFDM信号でヌル信号を配置した5つのサブキャリアに伝搬路推定用既知信号を配置しかつ第1のOFDM信号で伝搬路推定用既知信号を配置した5つのサブキャリアにヌル信号を配置する。このようにすれば、第1のOFDM信号と
- 10 い伝搬路補償を行うことができる。また伝搬路推定用既知信号が配置されずヌル信号が配置されたサブキャリアについては、ある程度の数の伝搬路推定用既知信号があれば、これを用いて精度良く補間することができるようになる。

- (29) 本発明の第29の態様は、(27)の信号挿入手段が、各OFDM信号において、前記伝搬路推定用既知信号及びヌル信号が配置されるサブキャ
- 15 リアが時間毎に変化するように前記伝搬路推定用既知信号及びヌル信号を挿入する構成を採る。

- この構成によれば、マルチパス遅延時間が長い場合（マルチパス変動が緩やかに生じた場合）の誤り率特性を一段と向上させることができるようになる。ここでマルチパスの状態によりOFDM信号の各サブキャリアはそれぞれ周
- 20 波数選択性フェージングにより異なるフェージングを受ける。マルチパス遅延時間が長い場合には、同じサブキャリアのみが長い時間周波数選択性フェージングを受けることになり、このサブキャリアに伝搬路推定用既知信号が配置されていないと、良好に伝搬路補償を行うことができないことになる。この点に着目して本発明では、伝搬路推定用既知信号を配置するサブキャリアを時間毎
- 25 に変化させることにより、マルチパス変動が緩やかな場合に特定のサブキャリアでの誤り率の劣化を防止し得るようになっている。

- (30) 本発明の第30の態様は、異なる複数の送信データそれぞれの所定

- 位置に伝搬路推定用既知信号を挿入する信号挿入手段と、前記伝搬路推定用既知信号が挿入された各送信データに対して直交周波数分割多重処理を施すことにより複数のOFDM信号を形成するOFDM信号形成手段と、各OFDM信号を送信する複数のアンテナとを具備し、前記信号挿入手段は、特定のアンテナに供給するOFDM信号として2シンボル連続して前記伝搬路推定用既知信号が配置されるように前記伝搬路推定用既知信号を挿入し、かつ他のアンテナに供給するOFDM信号として前記2シンボル連続した伝搬路推定用既知信号の時間的に直前と直後に1シンボルずつ前記伝搬路推定用既知信号が配置される位置に前記伝搬路推定用既知信号を挿入する構成を採る。
- 10 この構成によれば、2シンボル連続した伝搬路推定用既知信号が配置されたOFDM信号と、その前後に伝搬路推定用既知信号を配置された他のOFDM信号とでは、受信時にそれらの伝搬路推定用既知信号を合成すると、各伝搬路推定用既知信号間で生じた残留位相誤差がキャンセルされるので、互いに残留位相誤差の無い伝搬路特性を求めることができるようになる。この結果、誤り
- 15 率の向上した受信信号を得ることができるようになる。

- (31) 本発明の第31の態様は、(27)の信号挿入手段が、前記伝搬路推定用既知信号によって伝搬路補償される信号が含まれる単位送信信号区間に2シンボル以上の前記伝搬路推定用既知信号が配置されるように前記伝搬路推定用既知信号を挿入すると共に、前記伝搬路推定用既知信号が配置され
- 20 たサブキャリアが各シンボルによって変わる位置に前記伝搬路推定用既知信号を挿入する構成を採る。

- この構成によれば、1つのOFDM信号における単位送信信号区間に着目すると、2シンボル以上の伝搬路推定用既知信号が複数のサブキャリアに分散されるように配置されるので、この伝搬路推定用既知信号を使って複数サブ
- 25 キャリアに重畳されたデータを満遍なく伝搬路補償でき、全体としての誤り率を一段と向上させることができる。

- (32) 本発明の第32の態様は、(27)のOFDM通信装置により送信



されたOFDM信号を受信して復調するOFDM通信装置であって、前記OFDM信号を受信する複数のアンテナと、各アンテナで受信された受信信号に含まれる前記伝搬路推定用既知信号に基づいて、前記複数のアンテナと（27）のOFDM通信装置の複数アンテナとの間の伝搬路特性を推定する伝搬路推定手段と、ヌル信号が配置されたサブキャリアの伝搬路特性を前記伝搬路推定用既知信号が配置された近接するサブキャリアの伝搬路特性を用いて補間する補間手段と、前記伝搬路特性を用いて各サブキャリアに割り当てられた信号に対して伝搬路補償を施す伝搬路補償手段と、を具備する構成を採る。

この構成によれば、伝搬路推定用既知信号が配置されたサブキャリアは当該伝搬路推定用既知信号を用いて高精度の伝搬路補償を行うことができる。またヌル信号が配置されたサブキャリアについても、同一時間の近接するサブキャリアに配置された伝搬路推定用既知信号により補間した伝搬路特性を使って伝搬路補償することで、精度良い伝搬路補償を行うことができる。この結果、全てのサブキャリアについて誤り率を向上させることができる。

15 本明細書は、2002年4月9日出願の特願2002-107105および2002年4月9日出願の特願2002-106059に基づく。その内容はすべてここに含めておく。

#### 産業上の利用可能性

20 本発明は、OFDM通信とマルチアンテナ通信を組み合わせた通信を行う場合に適用して好適なものである。

## 請求の範囲

1. 複数のアンテナからそれぞれ異なるデータが重畳されたOFDM信号を送信すると共に、前記OFDM信号の特定のサブキャリアをパイロットキャリアとして送信するOFDM通信方法であって、前記パイロットキャリアは前記複  
5 数のアンテナのうちいずれか1つのアンテナのみから送信し、当該アンテナ以外のアンテナからは、前パイロットキャリアを送信しているサブキャリアに対応する周波数帯域のサブキャリアによりヌル信号を送信するOFDM通信方法。
2. 前記パイロットキャリアを送信するアンテナを、前記複数のアンテナの中  
10 で切り替える請求項1に記載のOFDM通信方法。
3. 複数のアンテナからそれぞれ異なるデータが重畳されたOFDM信号を送信すると共に、前記OFDM信号の特定のサブキャリアをパイロットキャリアとして送信するOFDM通信方法であって、前記複数のアンテナから送信する各OFDM信号の互いに周波数帯域の異なるサブキャリアにより前記パイ  
15 ットキャリアを送信し、あるアンテナにおいてパイロットキャリアが送信されているサブキャリアに対応する、他のアンテナにおけるサブキャリアによりヌル信号を送信するOFDM通信方法。
4. 複数のアンテナからそれぞれ異なるデータが重畳されたOFDM信号を送信するOFDM通信方法であって、送信されたOFDM信号の受信伝搬路推定  
20 精度を求め、当該伝搬路推定精度が所定のしきい値よりも低い場合には、前記複数のアンテナのいずれか1つのアンテナのみからOFDM信号を送信するOFDM通信方法。
5. OFDM信号を受信したときに、当該OFDM信号に重畳された既知信号に基づいて各アンテナ間の伝搬路特性を求め、この伝搬路特性を行列成分とし  
25 て表したときの逆行列の行列式の絶対値の大小に基づいて前記伝搬路推定精度を求める請求項4に記載のOFDM通信方法。
6. 複数のアンテナからそれぞれ異なるデータが重畳されたOFDM信号を送

信するOFDM通信方法であって、通常は前記複数のアンテナそれぞれからOFDM信号を送信し、周期的に、前記複数のアンテナのいずれか1つのアンテナのみからOFDM信号を送信するOFDM通信方法。

7. 複数のアンテナと、複数の送信データをそれぞれ直交周波数分割多重処理を施すことにより前記複数のアンテナそれぞれから送信する複数のOFDM信号を形成するOFDM信号形成手段と、前記各OFDM信号の所定のサブキャリアに既知信号を挿入する既知信号挿入手段と、前記各OFDM信号の所定のサブキャリアにヌル信号を挿入するヌル信号挿入手段と、を具備し、前記既知信号挿入手段は、前記複数のOFDM信号のうちのいずれか1つのOFDM信号に既知信号を挿入し、前記ヌル信号挿入手段は、前記既知信号挿入手段により既知信号が挿入されたOFDM信号以外のOFDMに対して、既知信号が挿入されたサブキャリアに対応する周波数帯域のサブキャリアにヌル信号を挿入するOFDM通信装置。

8. 複数のアンテナと、複数の送信データをそれぞれ直交周波数分割多重処理を施すことにより前記複数のアンテナそれぞれから送信する複数のOFDM信号を形成するOFDM信号形成手段と、前記各OFDM信号の所定のサブキャリアに既知信号を挿入する既知信号挿入手段と、前記各OFDM信号の所定のサブキャリアにヌル信号を挿入するヌル信号挿入手段と、を具備し、前記既知信号挿入手段は、前記複数のOFDM信号の互いに周波数帯域の異なるサブキャリアに既知信号を挿入し、前記ヌル信号挿入手段は、あるOFDM信号において既知信号が挿入されたサブキャリアと対応する周波数帯域の、他のOFDM信号のサブキャリアにヌル信号を挿入するOFDM通信装置。

9. それぞれ異なる送信データを重畳した複数のOFDM信号を形成し、前記複数のOFDM信号を複数のアンテナから送信する第1のOFDM通信装置と、前記複数のOFDM信号を複数のアンテナを用いて受信する第2のOFDM通信装置とを有するOFDM通信システムであって、

前記第2のOFDM通信装置は、前記複数のOFDM信号の受信信号に基づ

いて前記複数アンテナ間の複数の伝搬路特性を算出する伝搬路特性算出手段と、算出された伝搬路特性の精度を判定する判定手段と、を具備し、

前記第1のOFDM通信装置は、前記判定手段の判定結果に基づいて、求められた伝搬路特性の精度が所定値よりも低い場合には、前記複数のアンテナの  
5 いずれか1つのみからOFDM信号を送信する、OFDM通信システム。

10 10. 複数のアンテナと、複数の送信データをそれぞれ直交周波数分割多重処理を施すことにより前記複数のアンテナそれぞれから送信する複数のOFDM信号を形成するOFDM信号形成手段と、通常は前記複数のアンテナからそれぞれ前記複数のOFDM信号を送信させ、周期的に、前記複数のアンテナの  
10 いずれか1つのアンテナのみからOFDM信号を送信させる送信制御手段と、を具備するOFDM通信装置。

11. それぞれ異なるデータを重畳した複数のOFDM信号を複数のアンテナから同時に送信するOFDM通信方法であって、前記複数のOFDM信号間での同一時間の同一周波数のサブキャリアについて、1つのサブキャリアに伝搬  
15 路推定用既知信号を配置し、他のサブキャリアにはヌル信号を配置すると共に、各OFDM信号で少なくとも1つのサブキャリアには前記伝搬路推定用既知信号を配置するOFDM通信方法。

12. 異なる複数の送信データそれぞれの所定位置に伝搬路推定用既知信号及びヌル信号を挿入する信号挿入手段と、前記既知信号及びヌル信号が挿入され  
20 た各送信データに対して直交周波数分割多重処理を施すことにより複数のOFDM信号を形成するOFDM信号形成手段と、各OFDM信号を送信する複数のアンテナとを具備し、前記信号挿入手段は、前記複数のOFDM信号間で同一時間に送信されるサブキャリアについて、あるOFDM信号のサブキャリアに前記伝搬路推定用既知信号が配置された場合は他のOFDM信号のこれ  
25 に対応するサブキャリアにヌル信号が配置されると共に各OFDM信号で少なくとも1つのサブキャリアには前記伝搬路推定用既知信号が配置される位置に、前記伝搬路推定用既知信号及びヌル信号を挿入するOFDM通信装置。

- 1 3. 前記信号挿入手段は、前記複数のOFDM信号における同一時間のサブキャリアにおいて、各OFDM信号間でほぼ均等に前記伝搬路推定用既知信号が配置されるように前記伝搬路推定用既知信号及びヌル信号を挿入する請求項1 2に記載のOFDM通信装置。
- 5 1 4. 前記信号挿入手段は、各OFDM信号において、前記伝搬路推定用既知信号及びヌル信号が配置されるサブキャリアが時間毎に変化するように前記伝搬路推定用既知信号及びヌル信号を挿入する請求項1 2に記載のOFDM通信装置。
- 1 5. 請求項1 2に記載のOFDM通信装置により送信されたOFDM信号を
- 10 受信して復調するOFDM通信装置であって、
- 前記OFDM信号を受信する複数のアンテナと、各アンテナで受信された受信信号に含まれる前記伝搬路推定用既知信号に基づいて、前記複数のアンテナと請求項1のOFDM通信装置の複数アンテナとの間の伝搬路特性を推定する伝搬路推定手段と、ヌル信号が配置されたサブキャリアの伝搬路特性を前記
- 15 伝搬路推定用既知信号が配置された近接するサブキャリアの伝搬路特性を用いて補間する補間手段と、前記伝搬路特性を用いて各サブキャリアに割り当てられた信号に対して伝搬路補償を施す伝搬路補償手段と、を具備するOFDM通信装置。



2/56

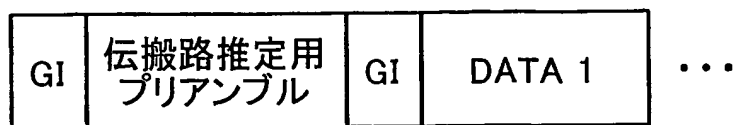


図 2  
(PRIOR ART)

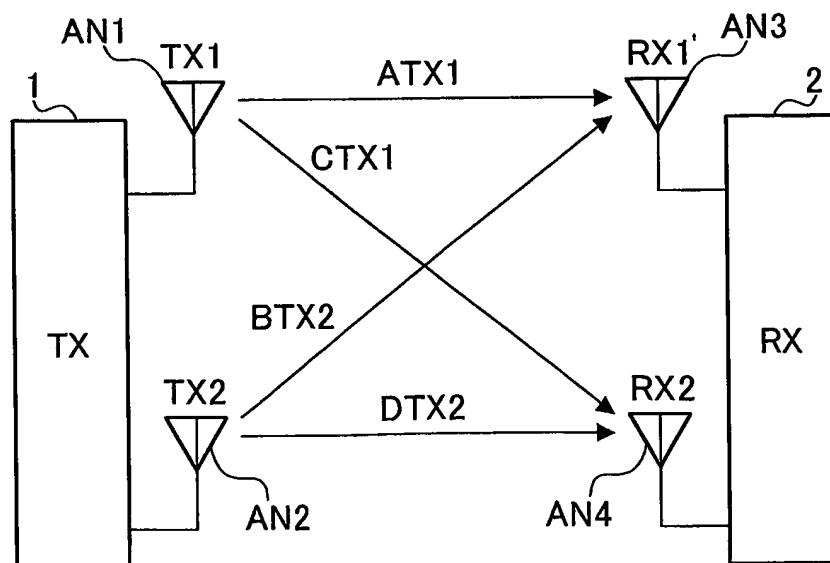


図 3  
(PRIOR ART)

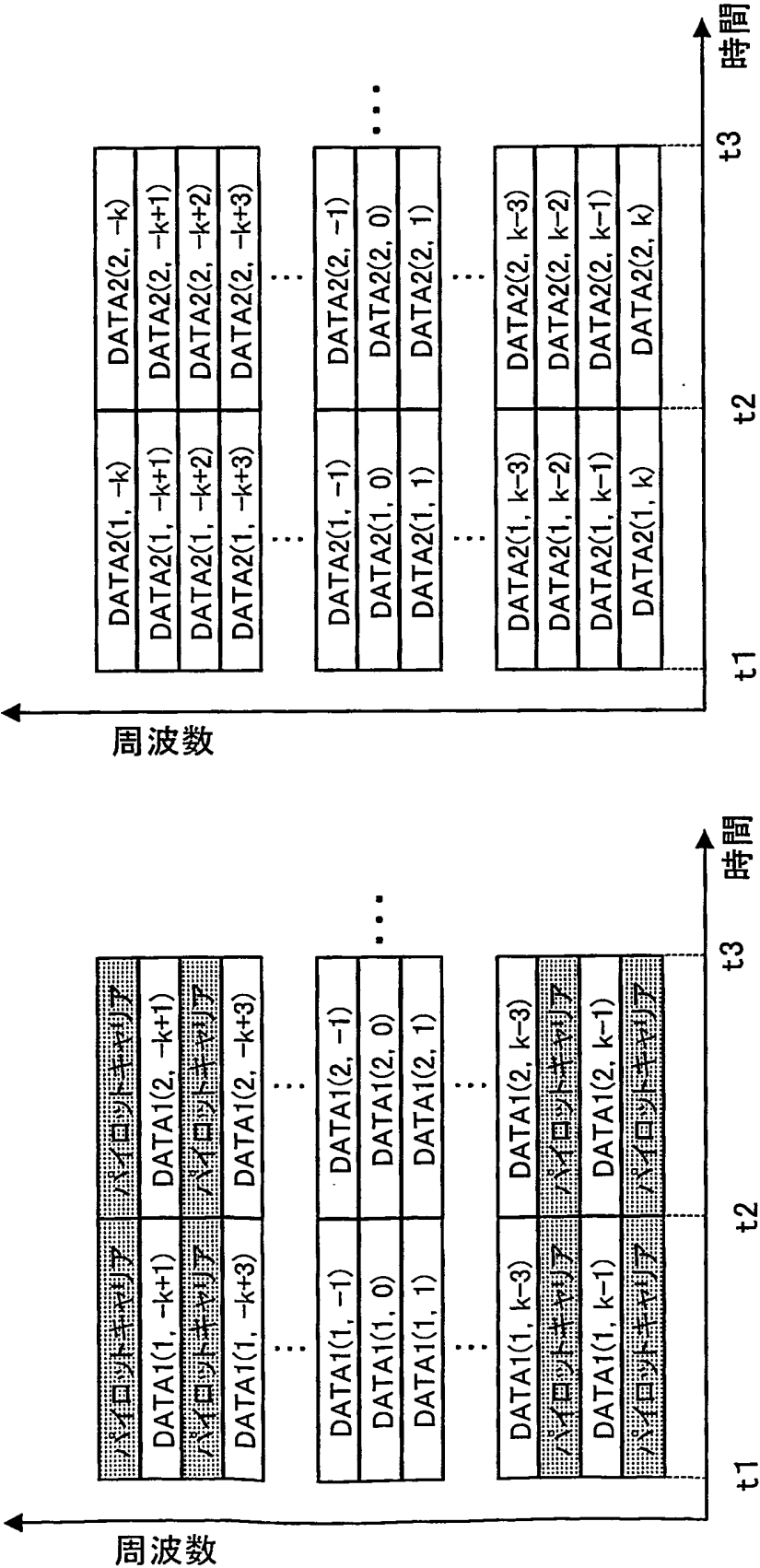


図 4(B)

図 4(A)

(PRIOR ART)



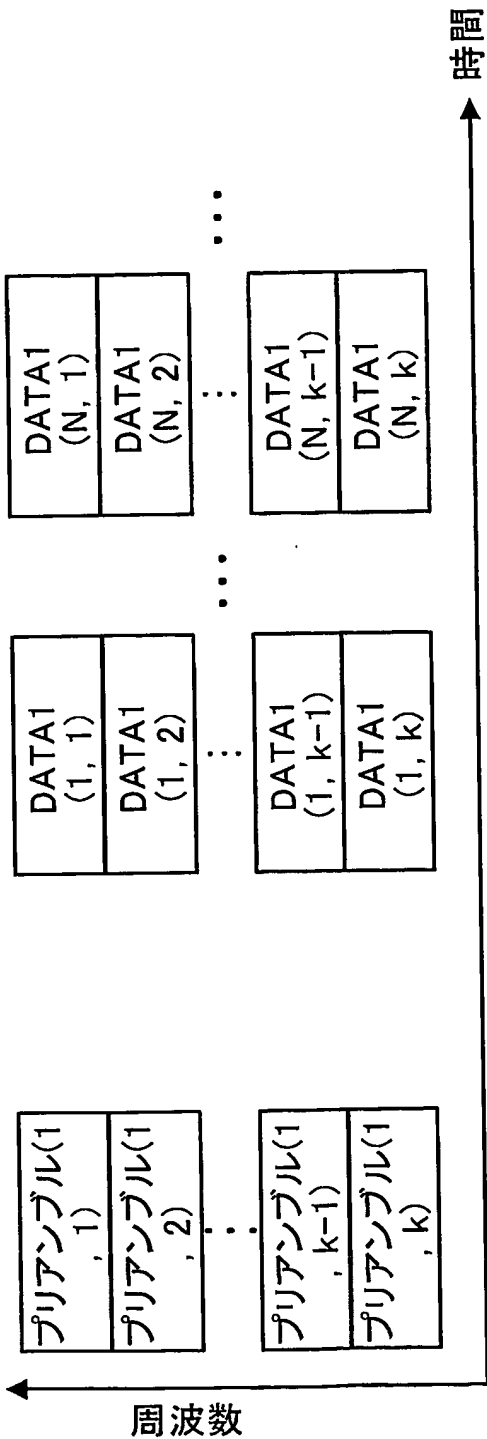


図 5(A)

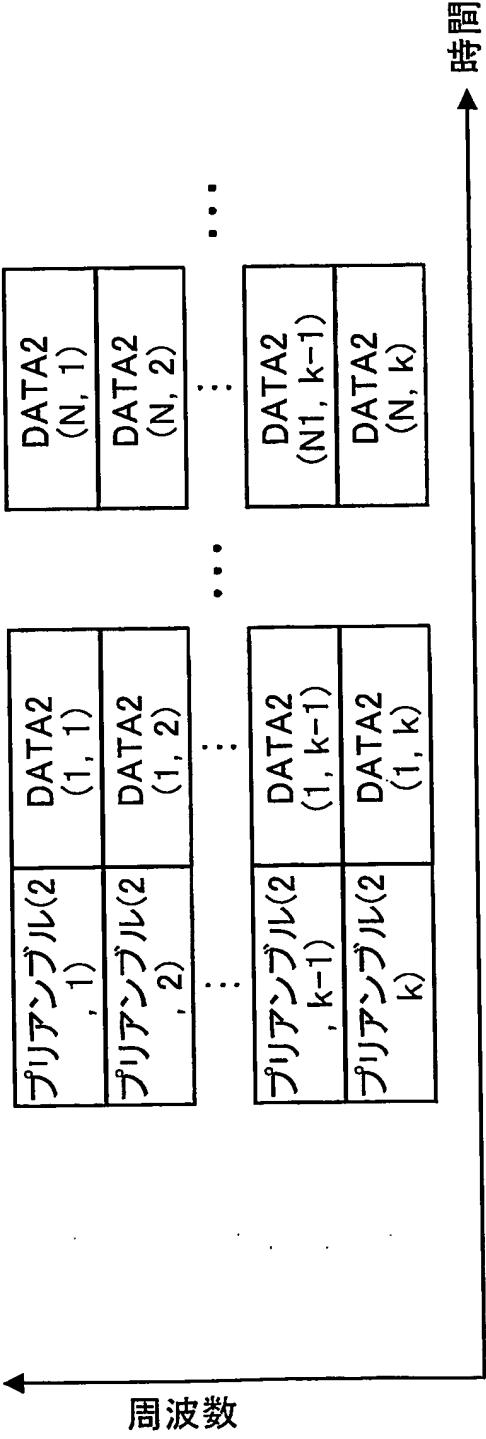
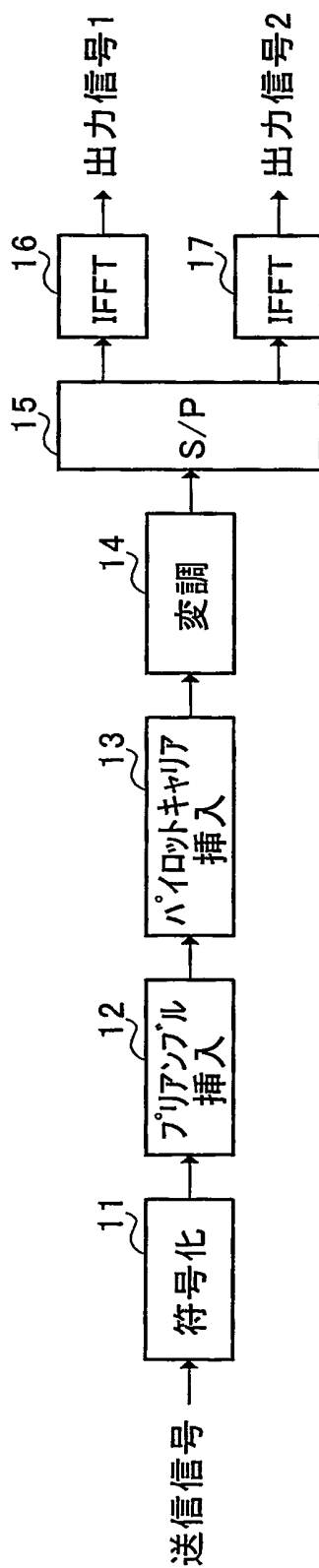


図 5(B)

5/56

## 10 送信系

図 6  
(PRIOR ART)

20 受信系

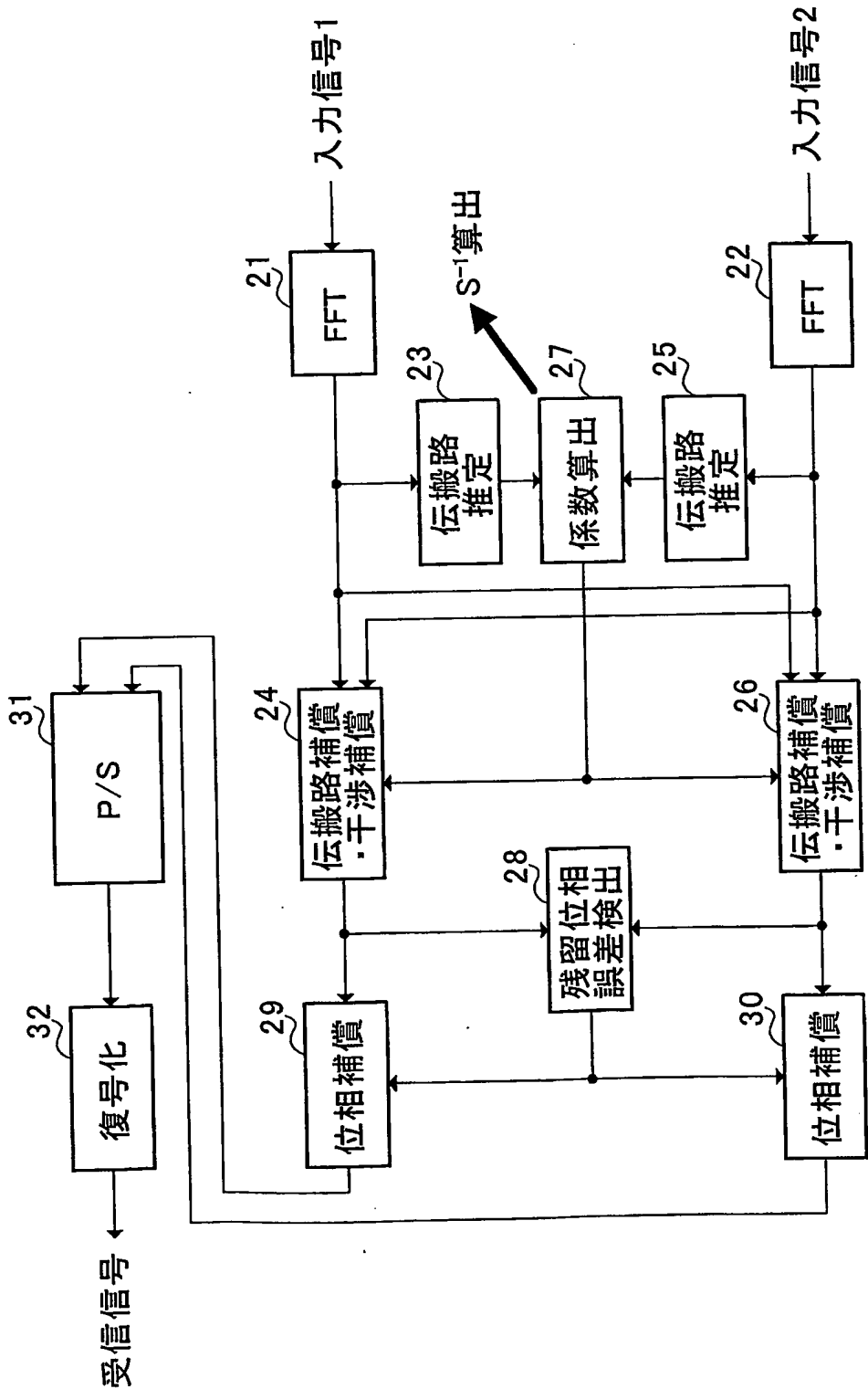


図 7  
(PRIOR ART)

27 係数算出部

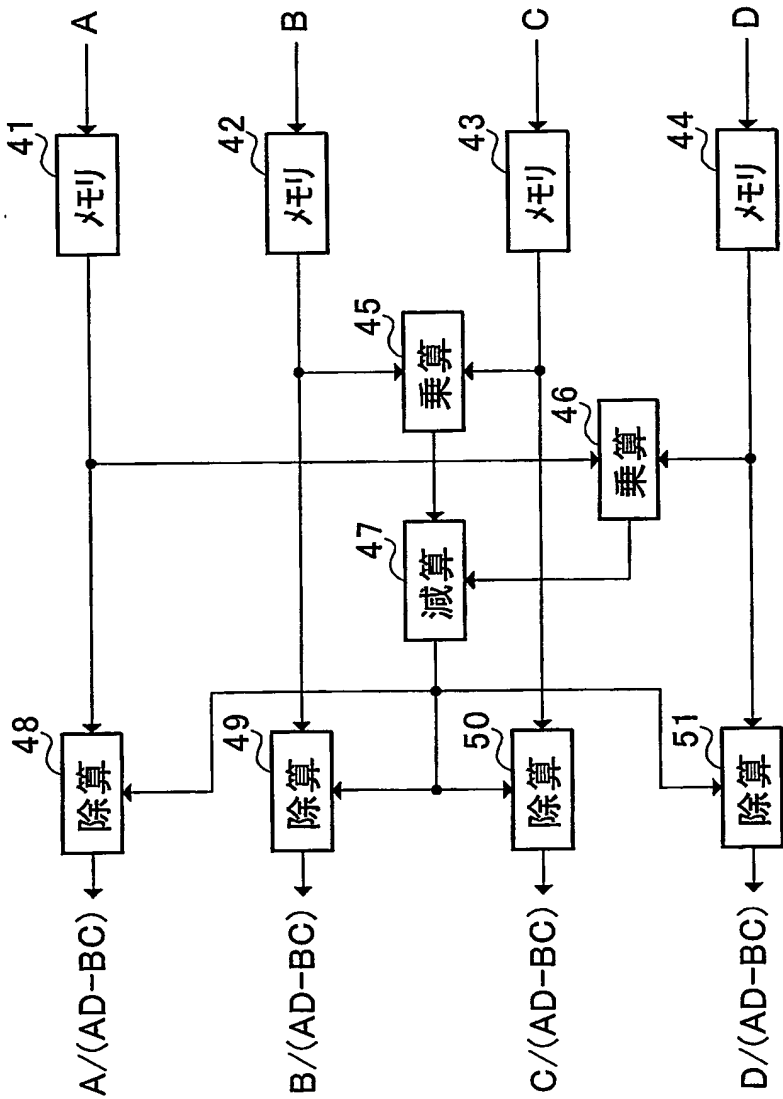


図 8  
(PRIOR ART)

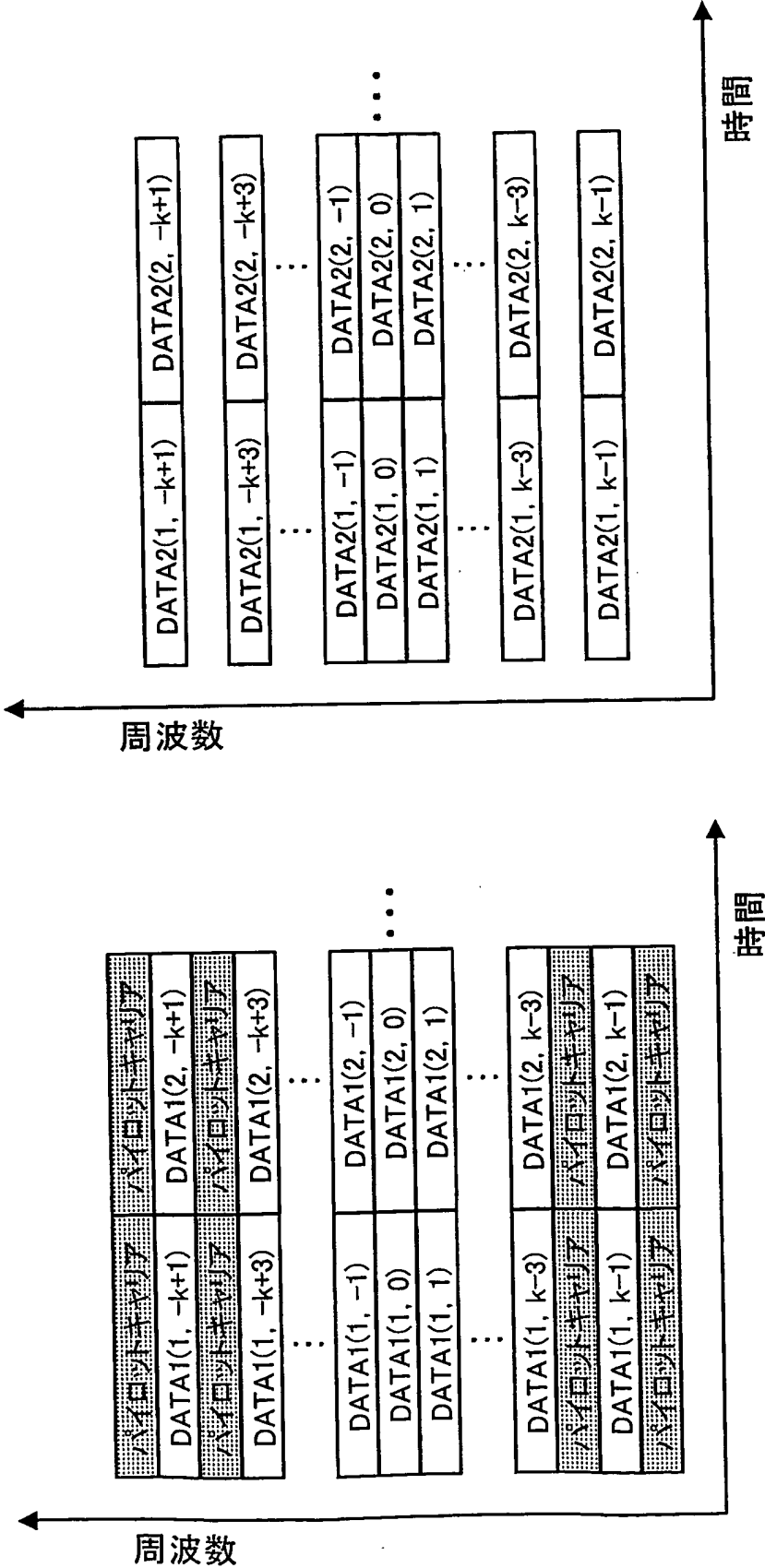


図 9(A)

図 9(B)

9/56

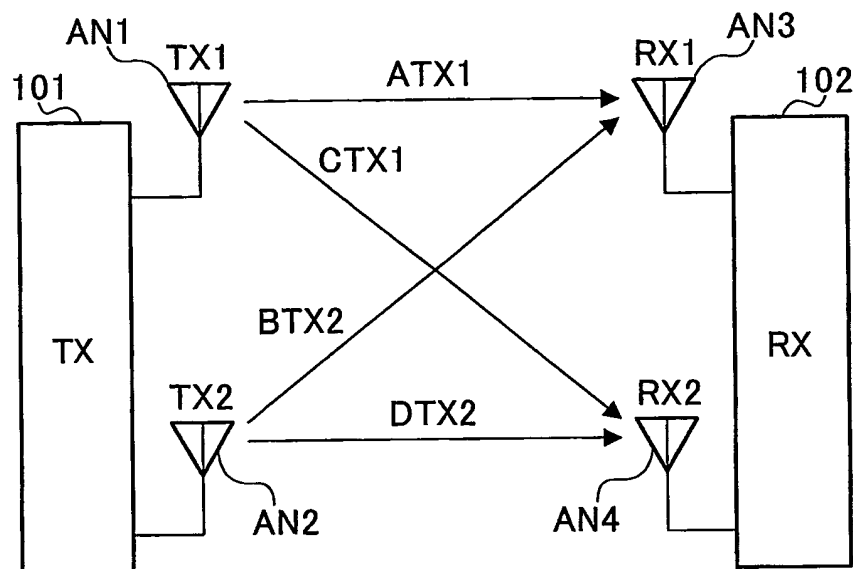


図 10

110 送信系

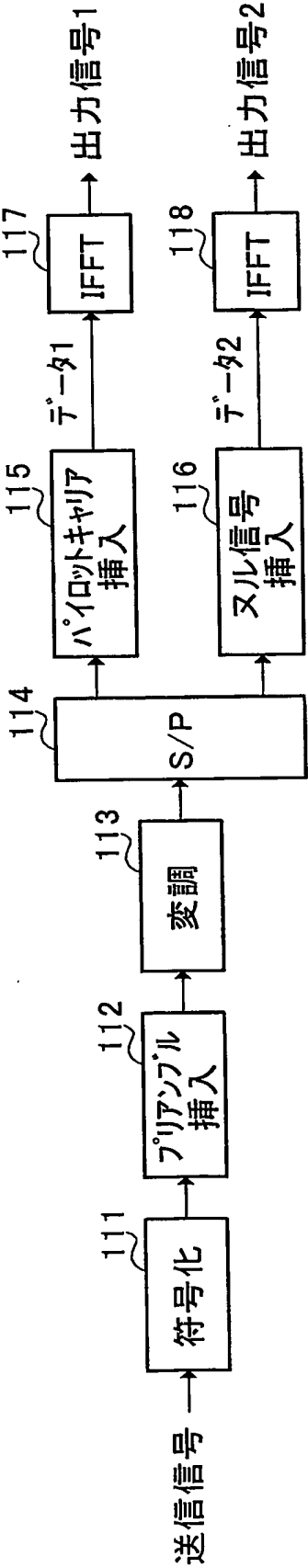


図 11

11/56

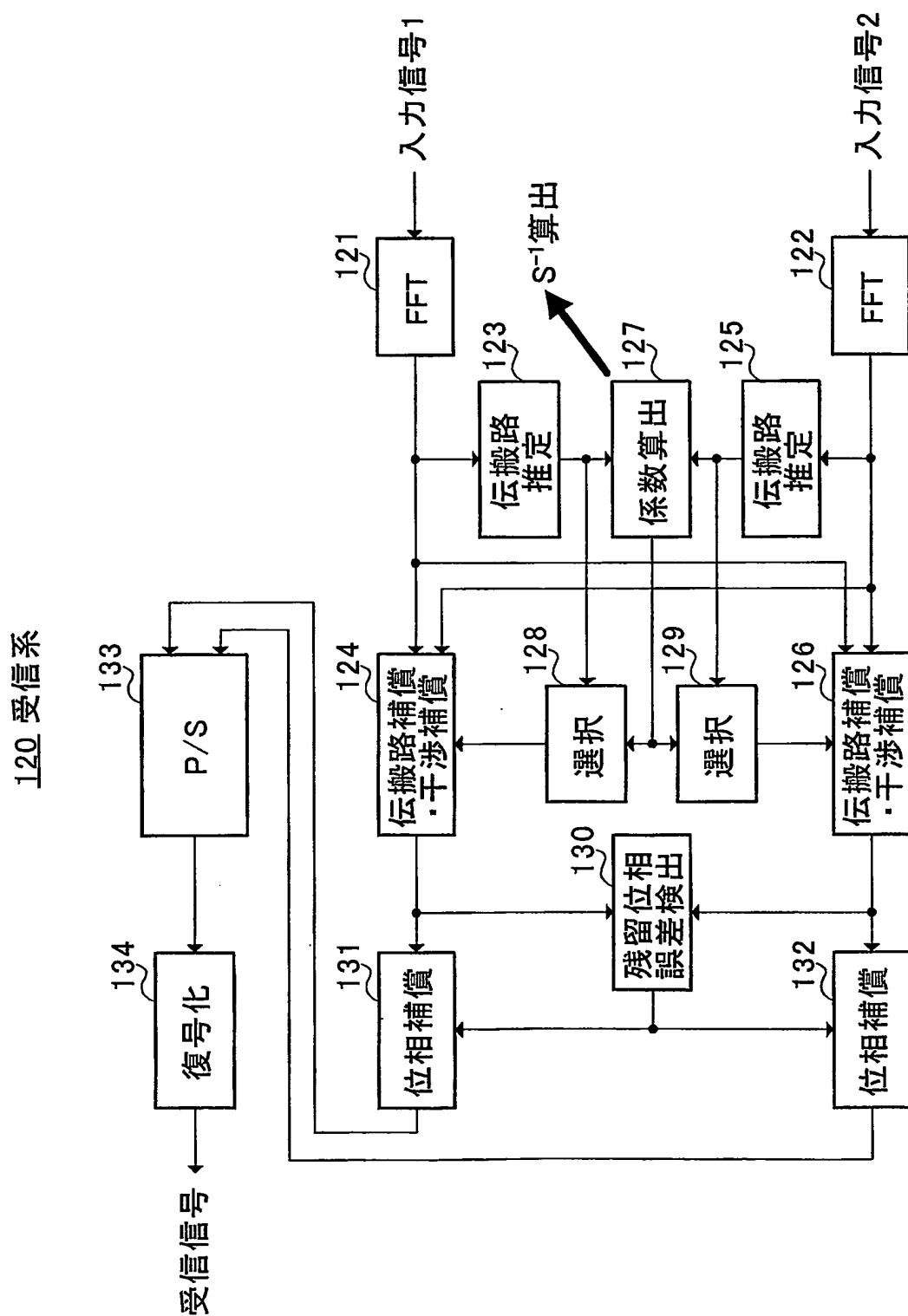


図 12



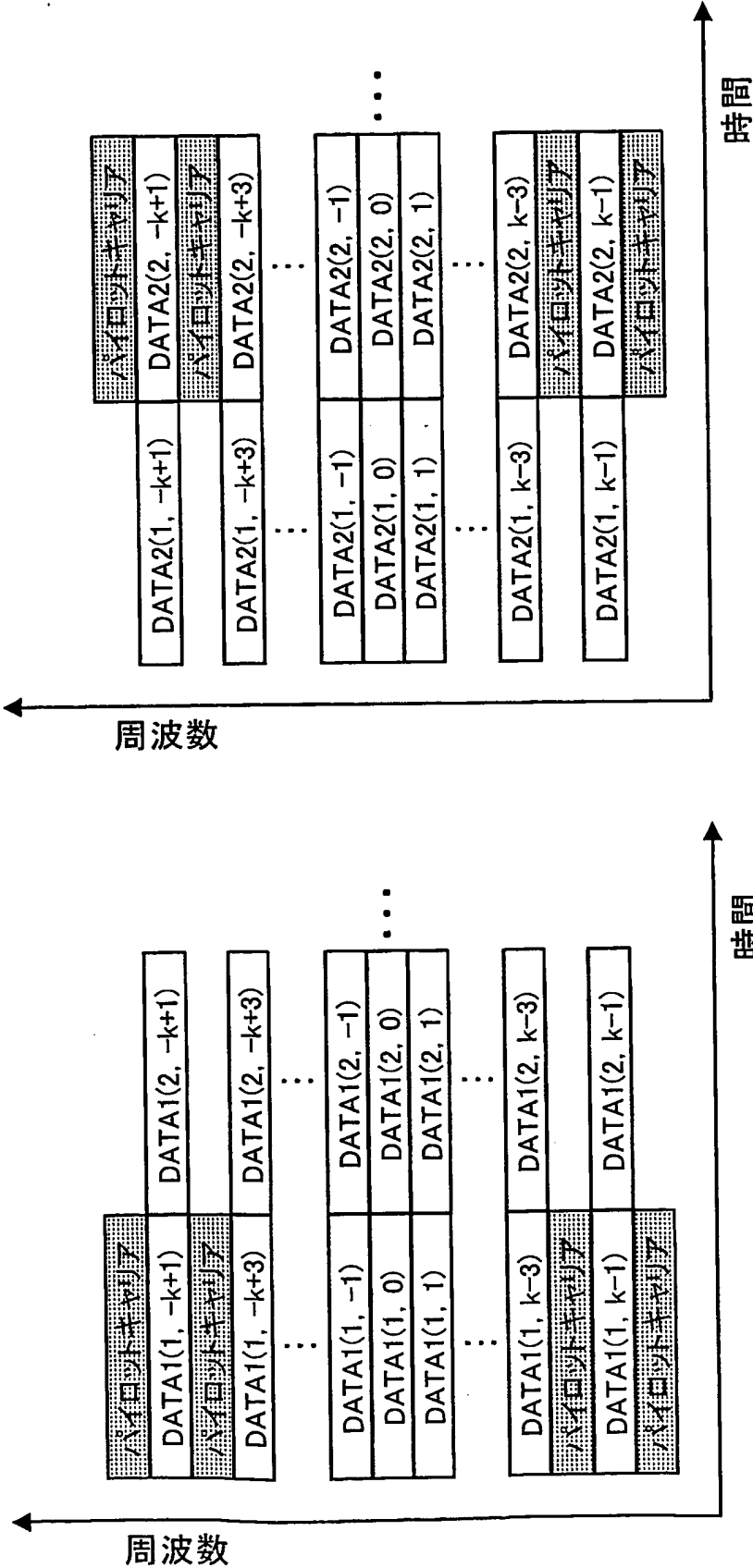


図 13(B)

図 13(A)

13/56

## 140 送信系

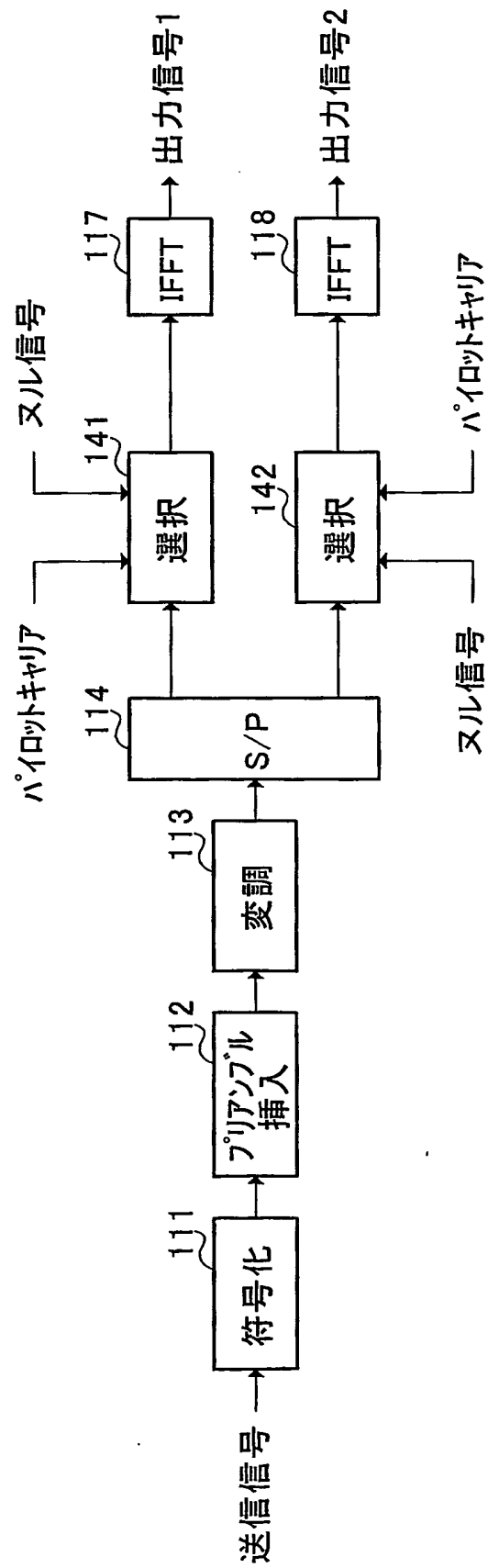
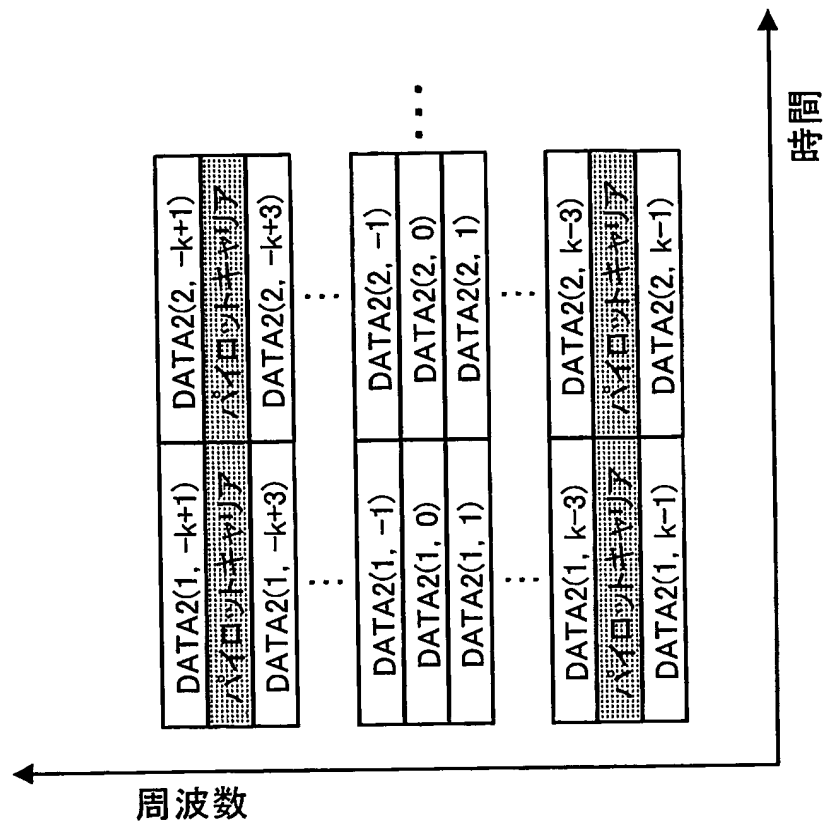
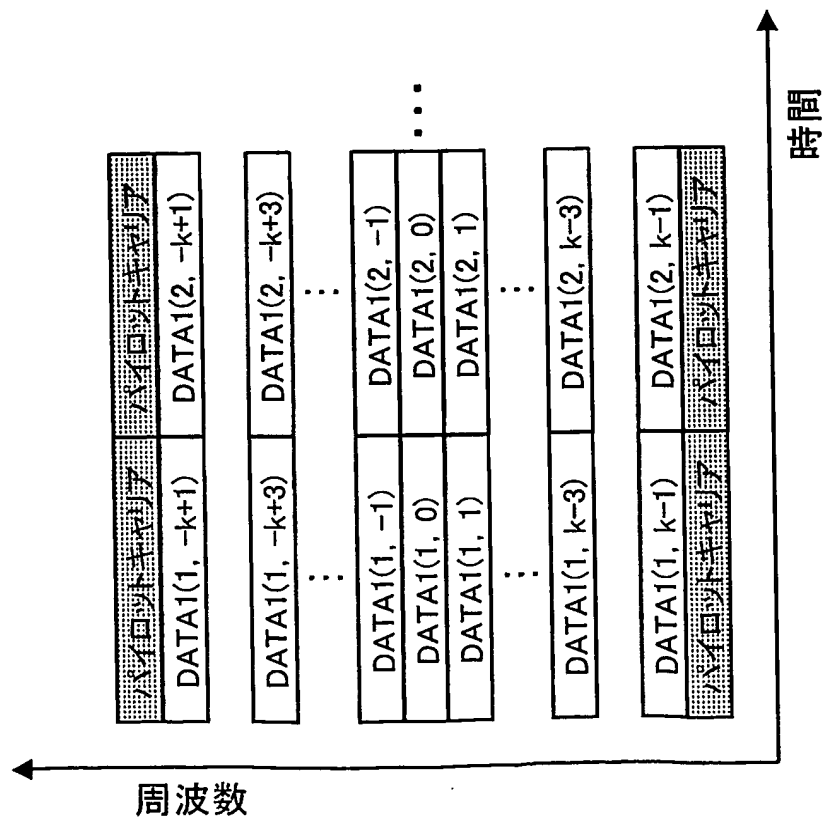


図 14



15(B)



15(A)

150 送信系

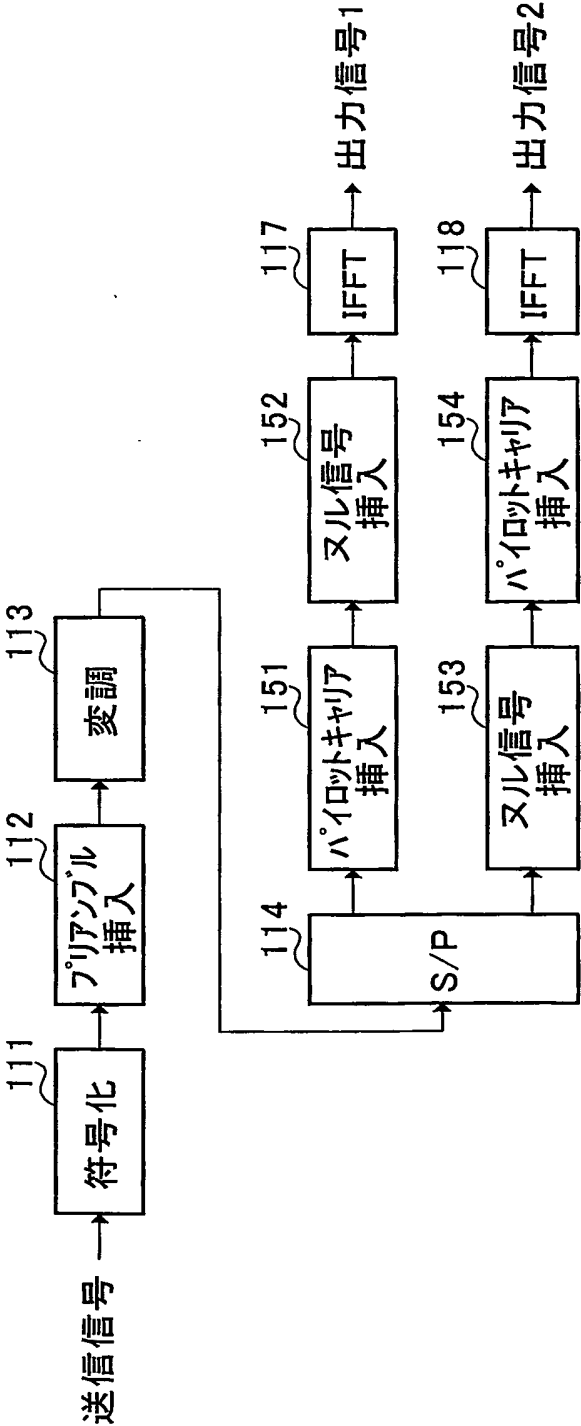


図 16

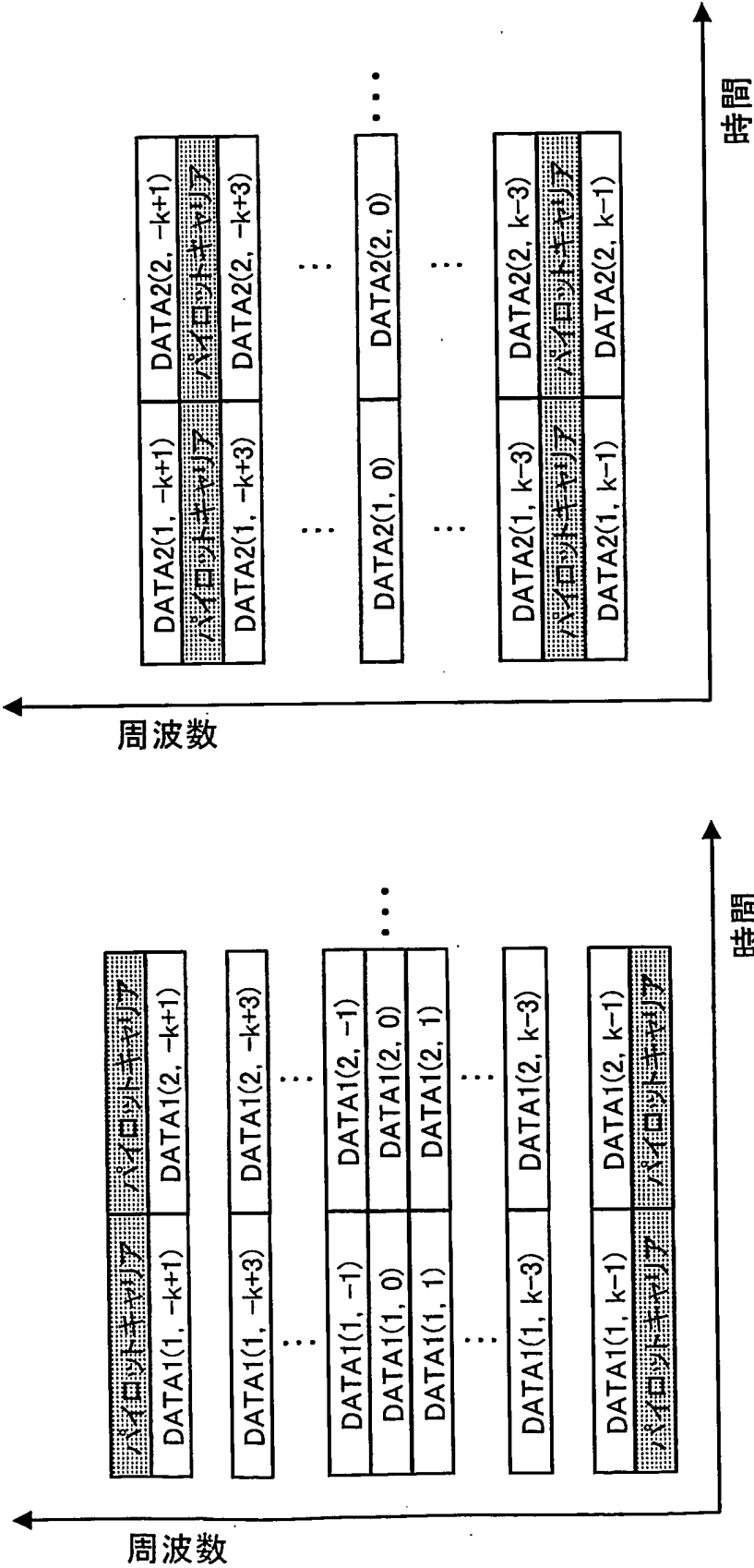


図 17(B)

図 17(A)

160 送信系

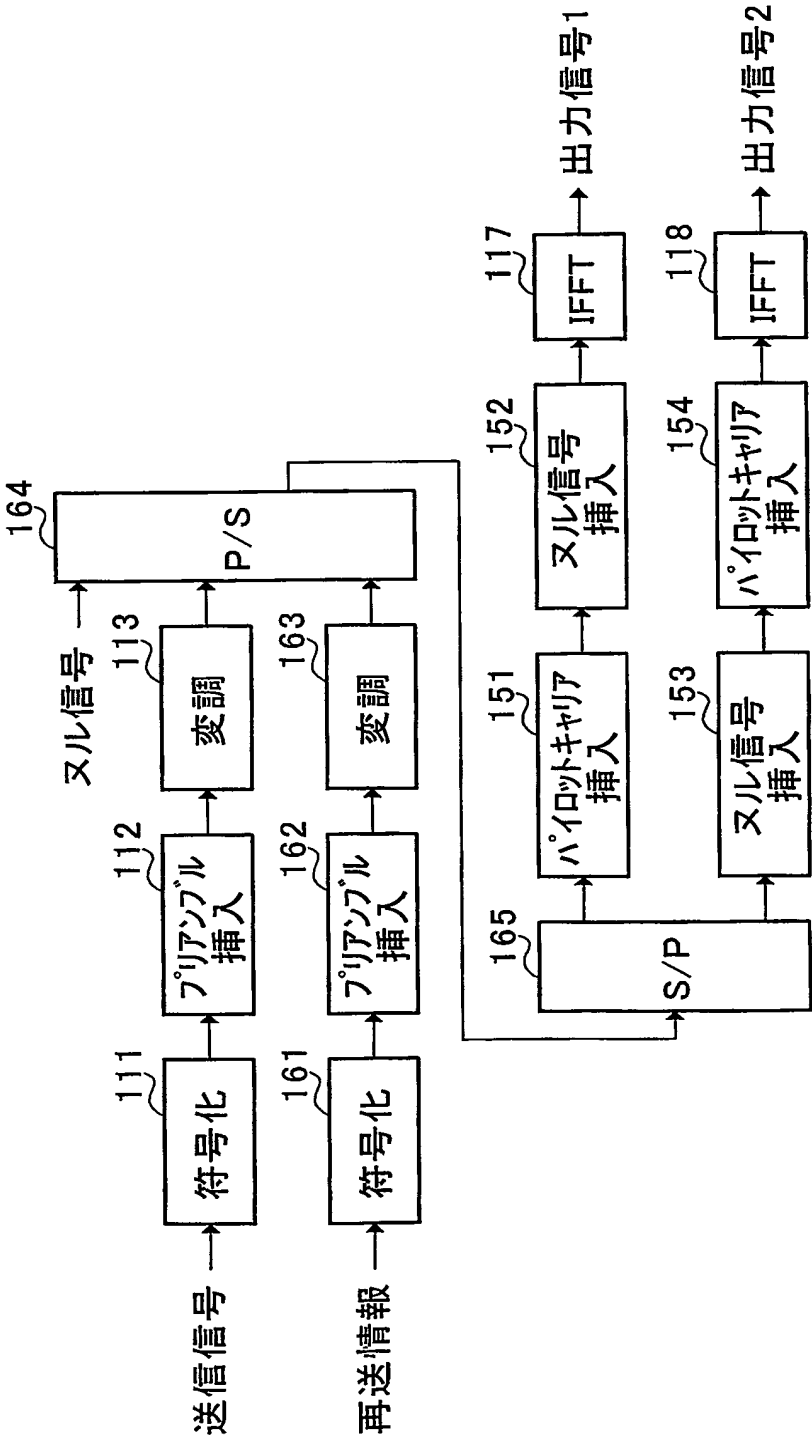


図 18

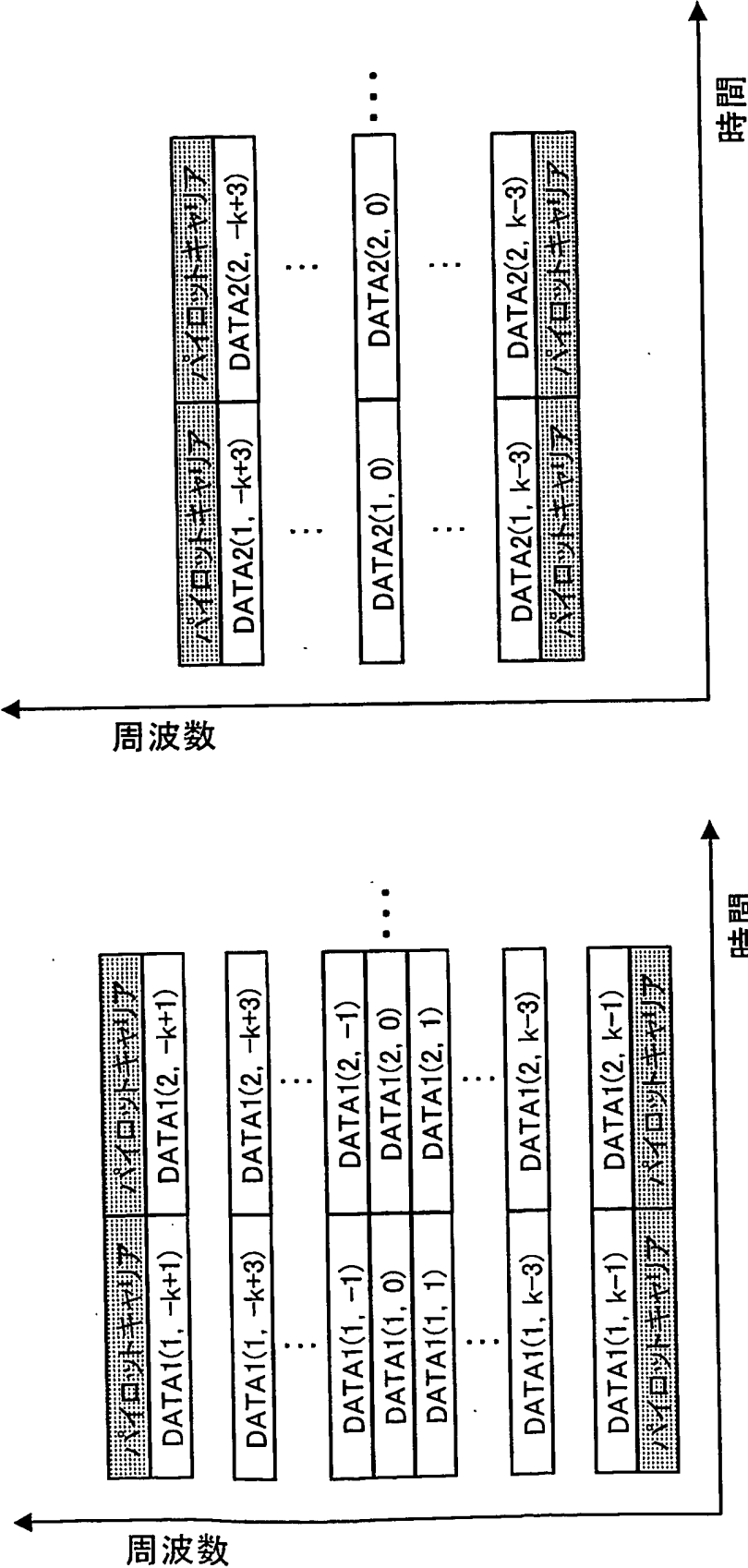


図 19(B)

図 19(A)

19/56

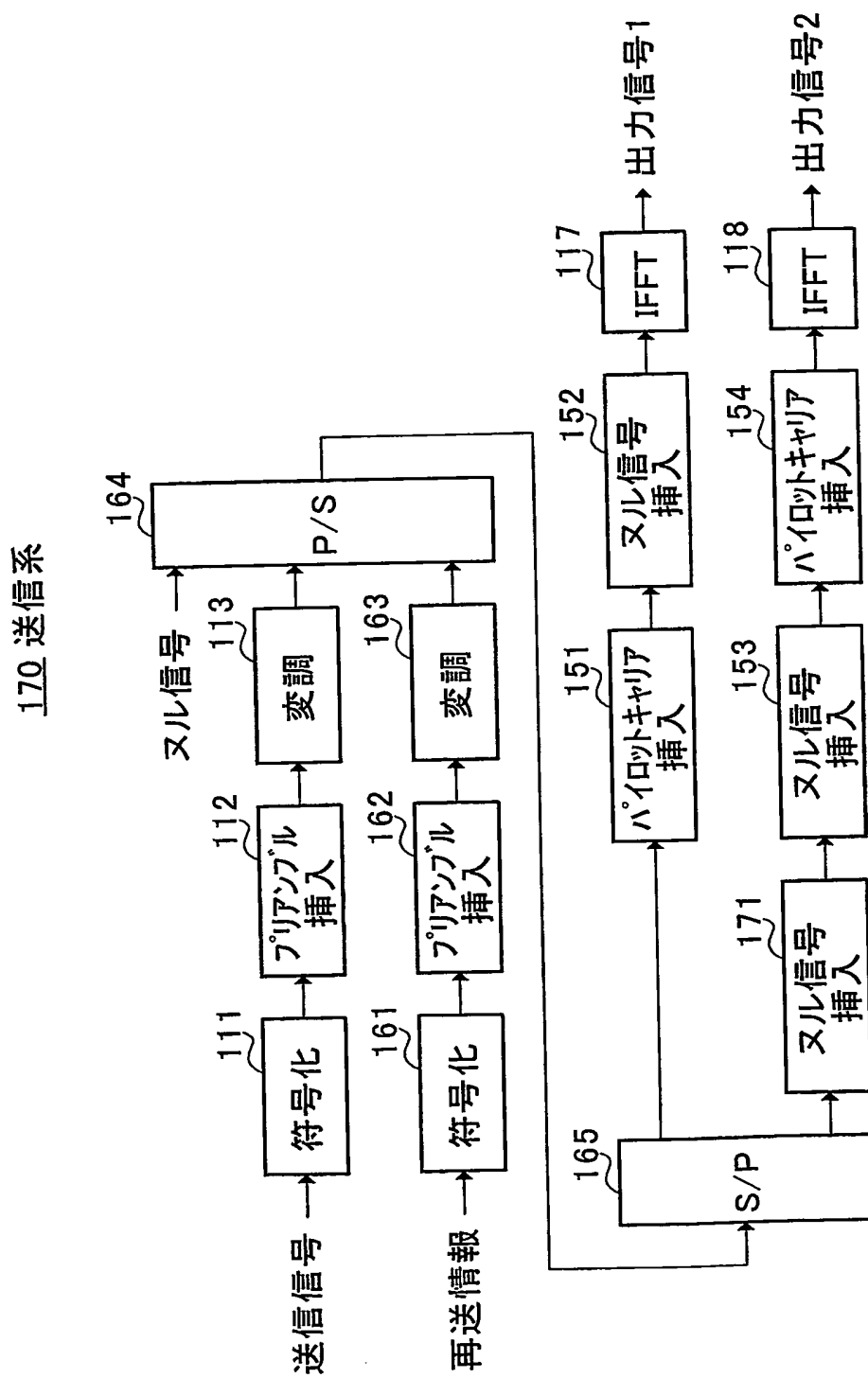


図 20



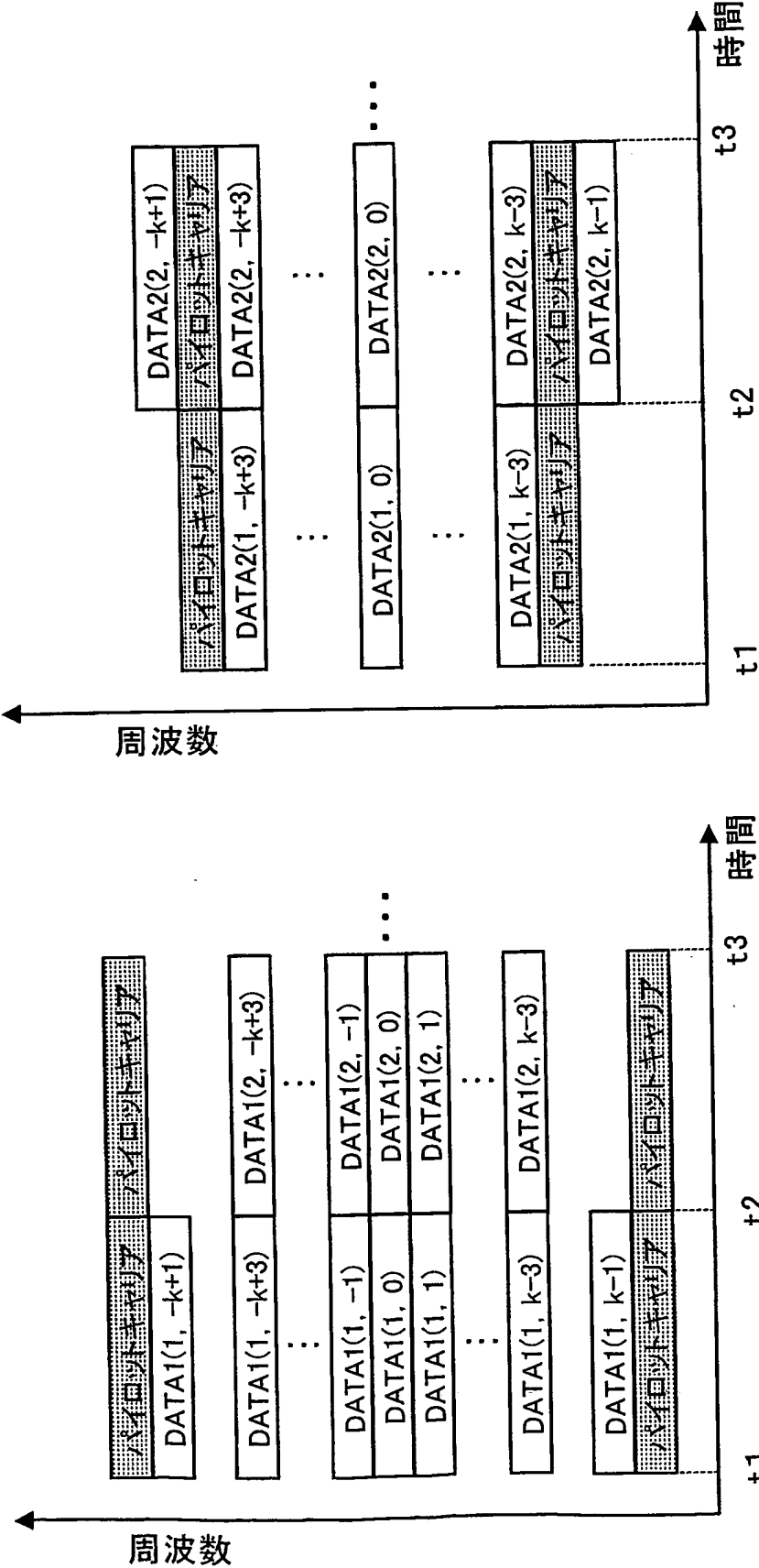


図 21(A)

図 21(B)

180 送信系

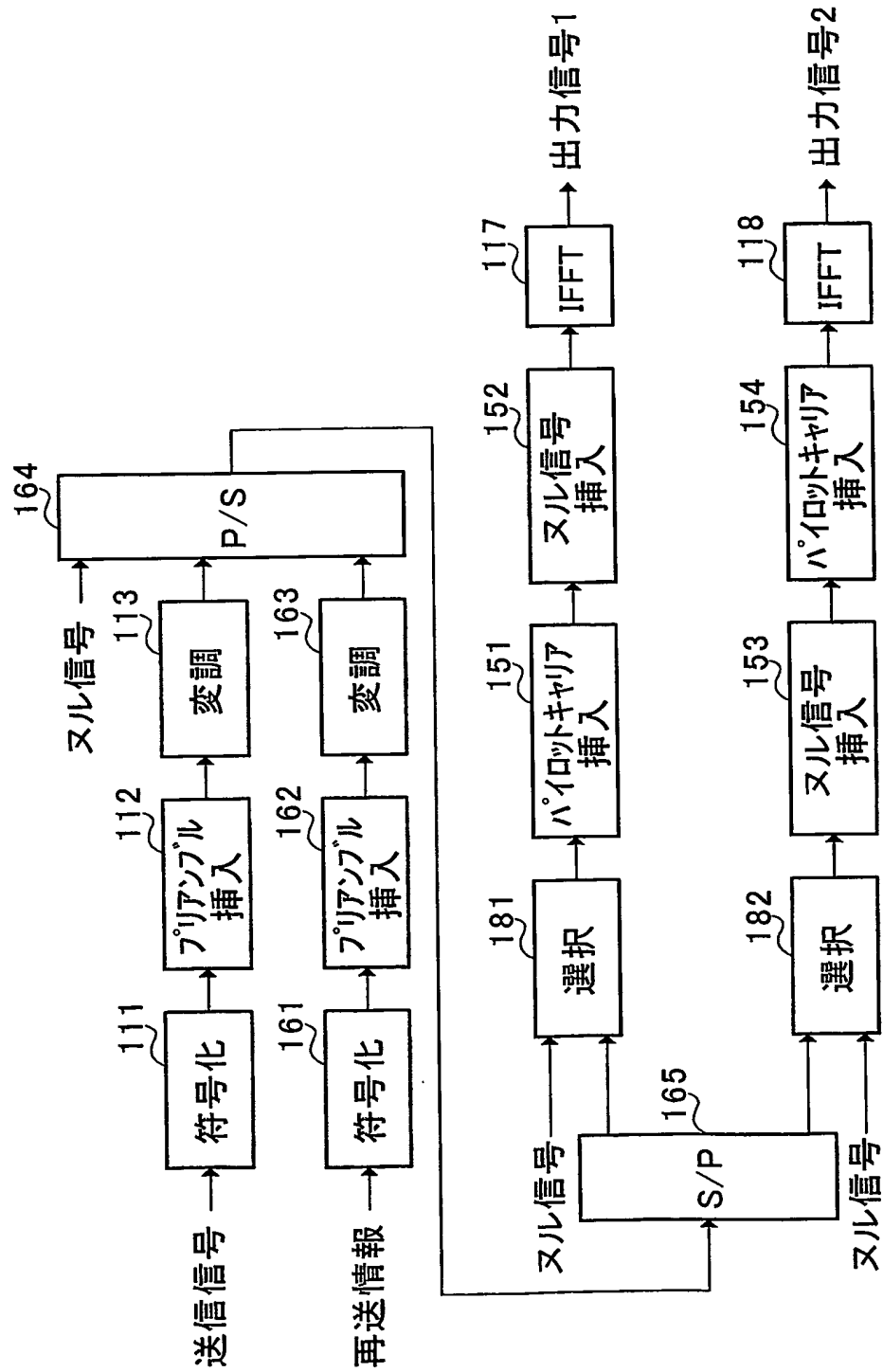


図 22

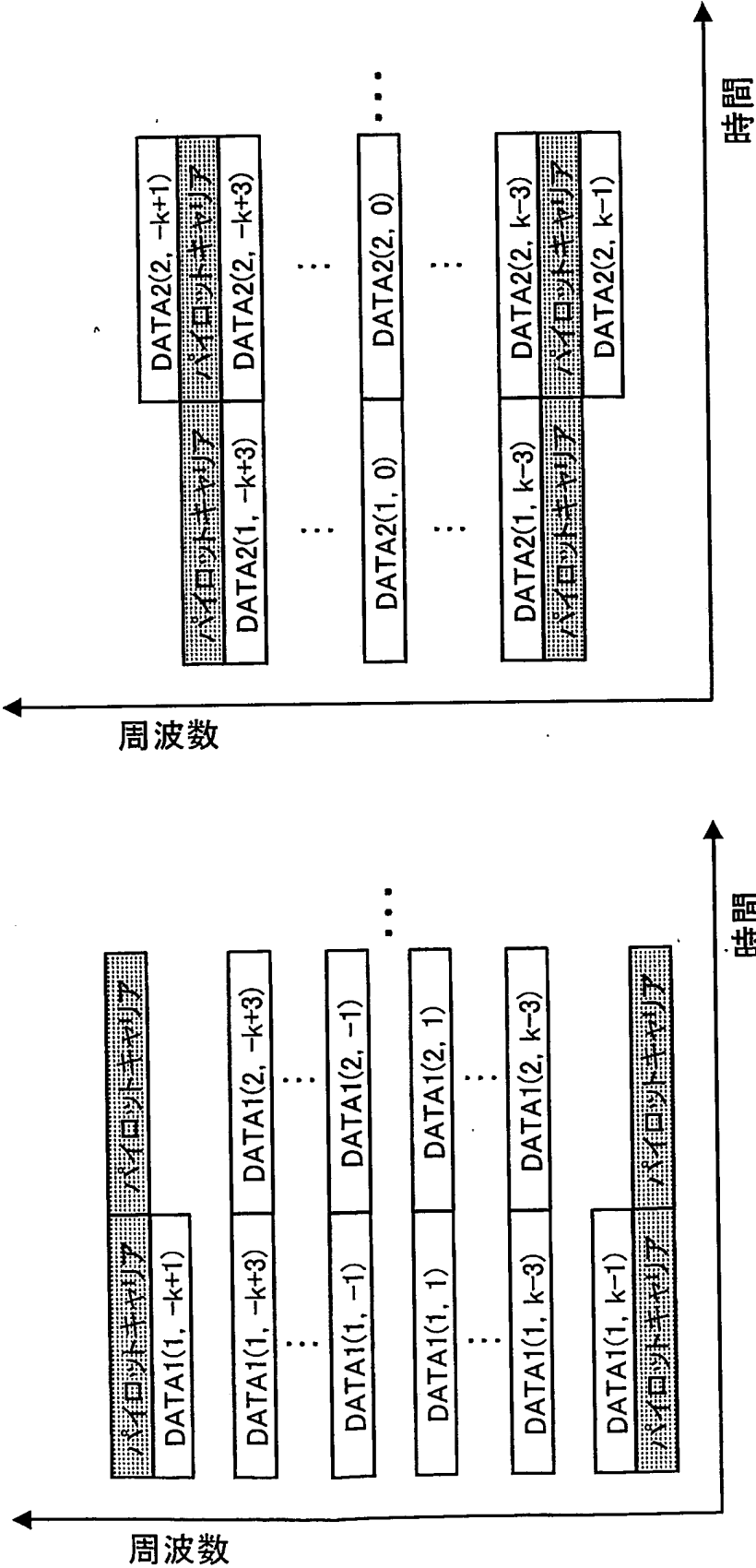


図 23(B)

図 23(A)

190 送信系

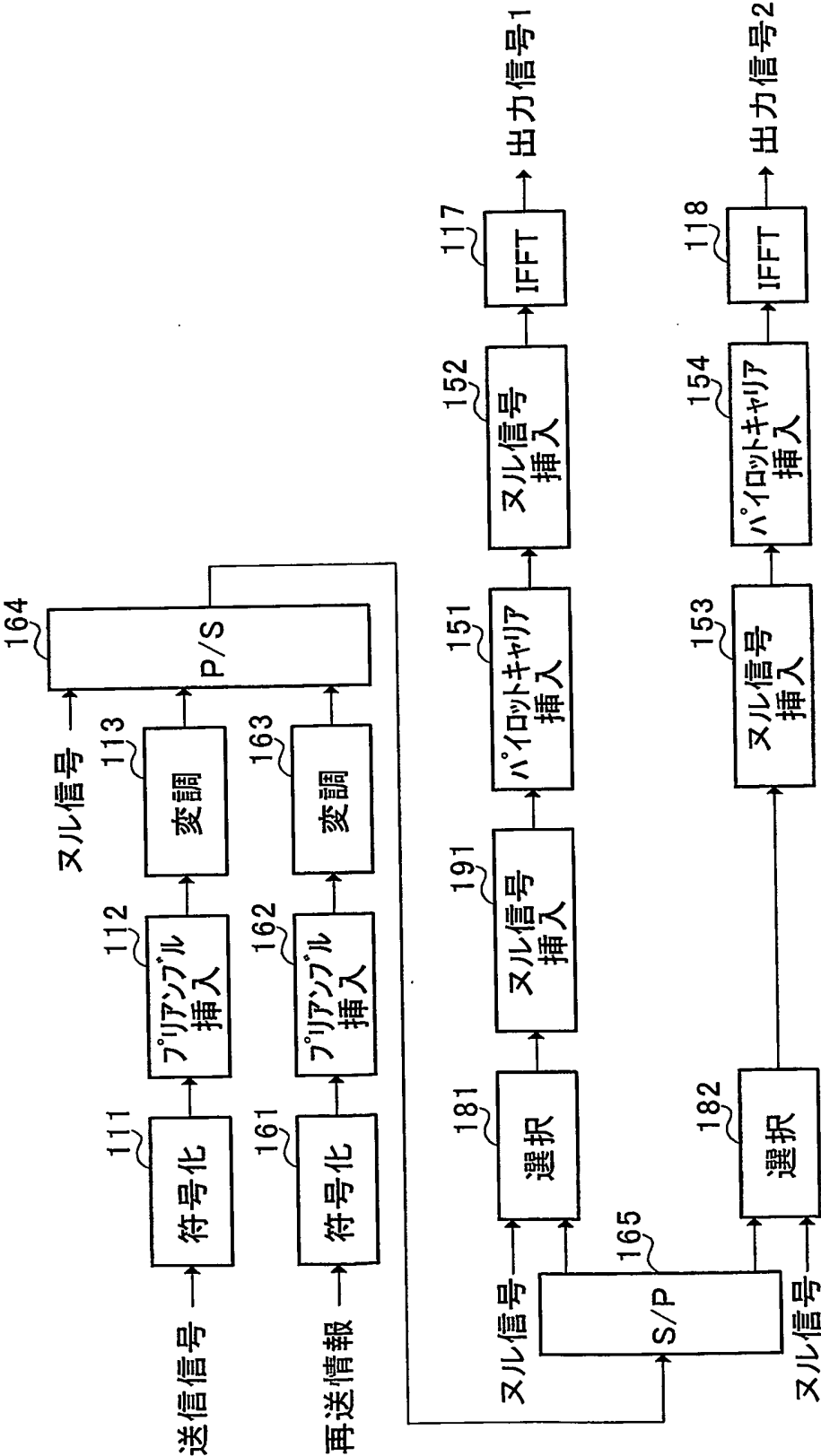


図 24

200 受信系

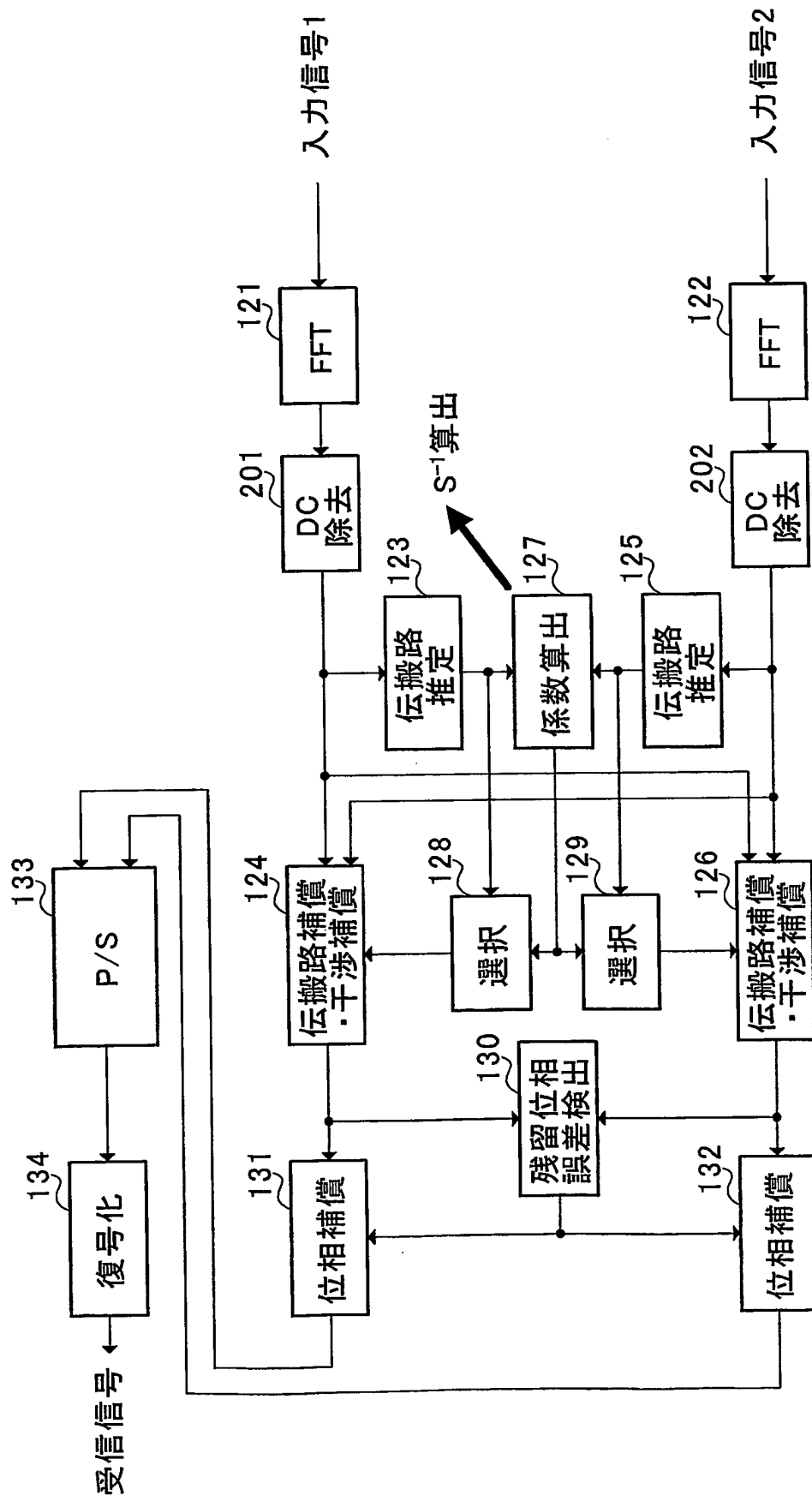


図 25

25/56

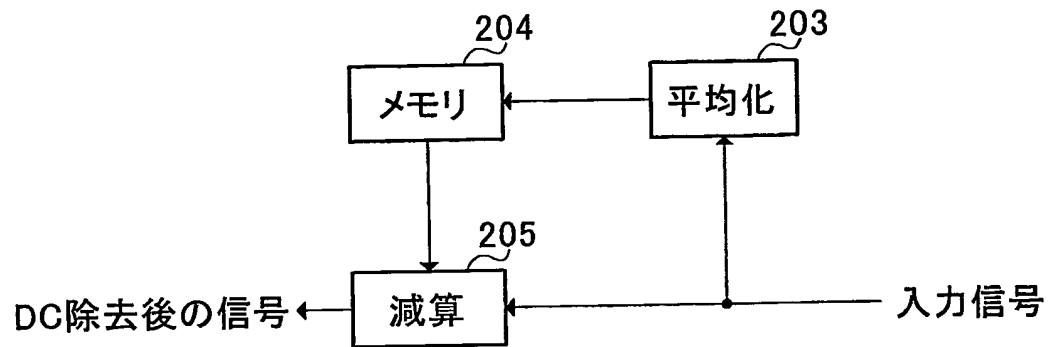
202 (202) 直流オフセット除去回路

図 26

26/56

## 210 送信系

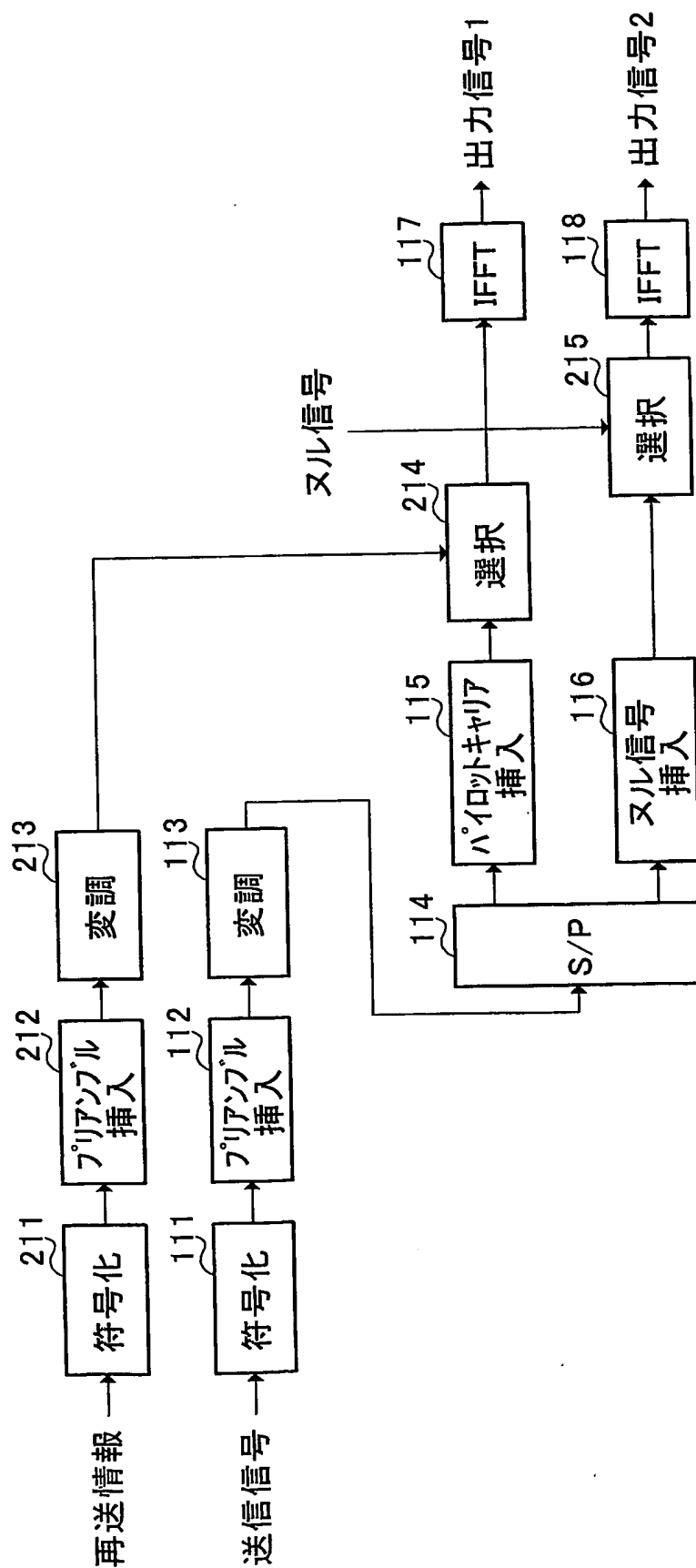


図 27

27/56

## 220 送信系

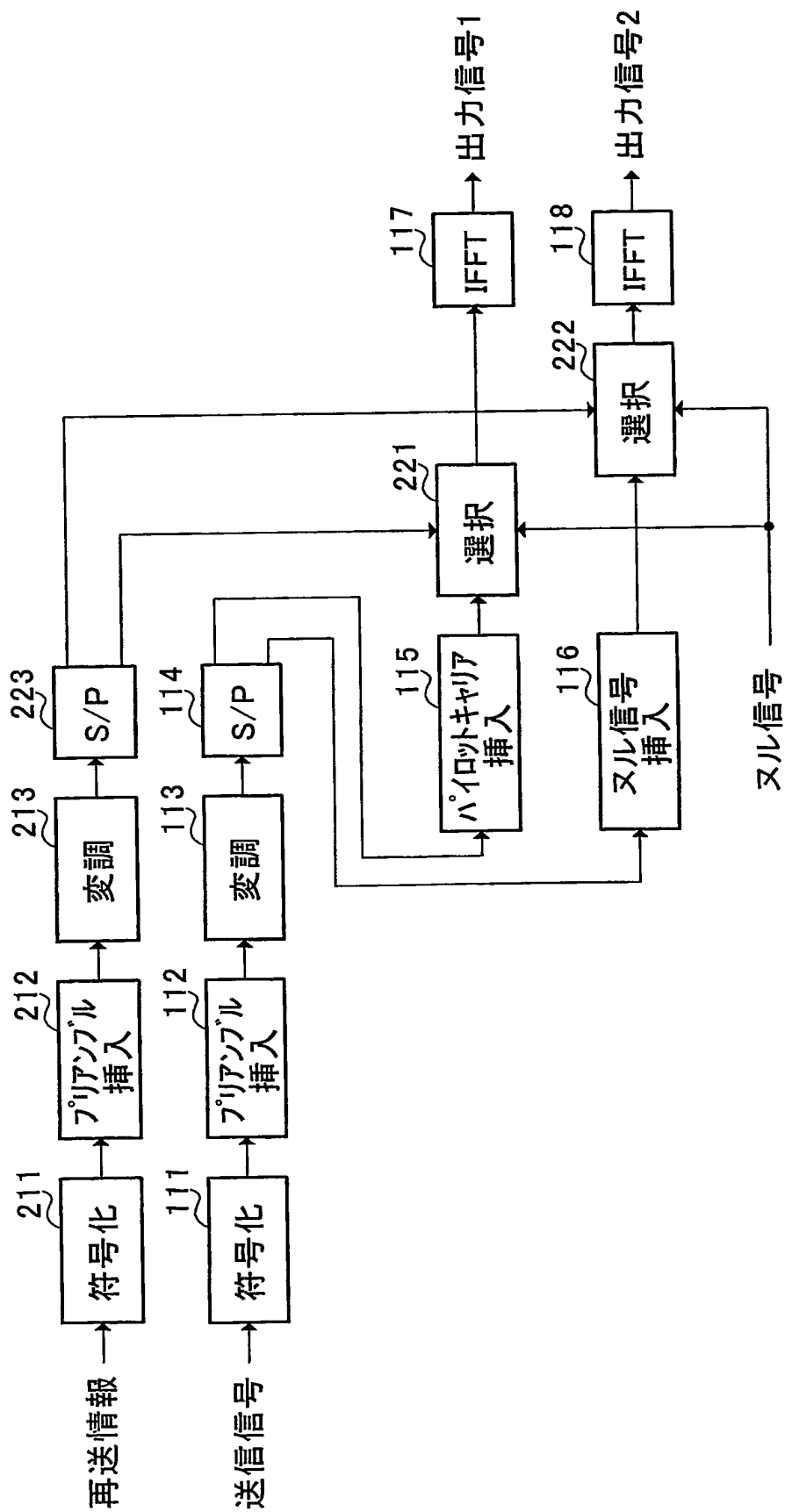


図 28



230 端末送信系

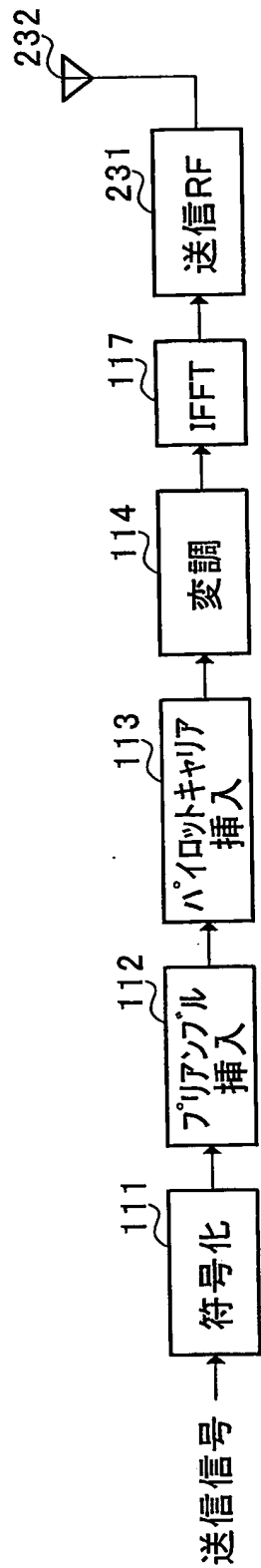


図 29

240 基地局受信系

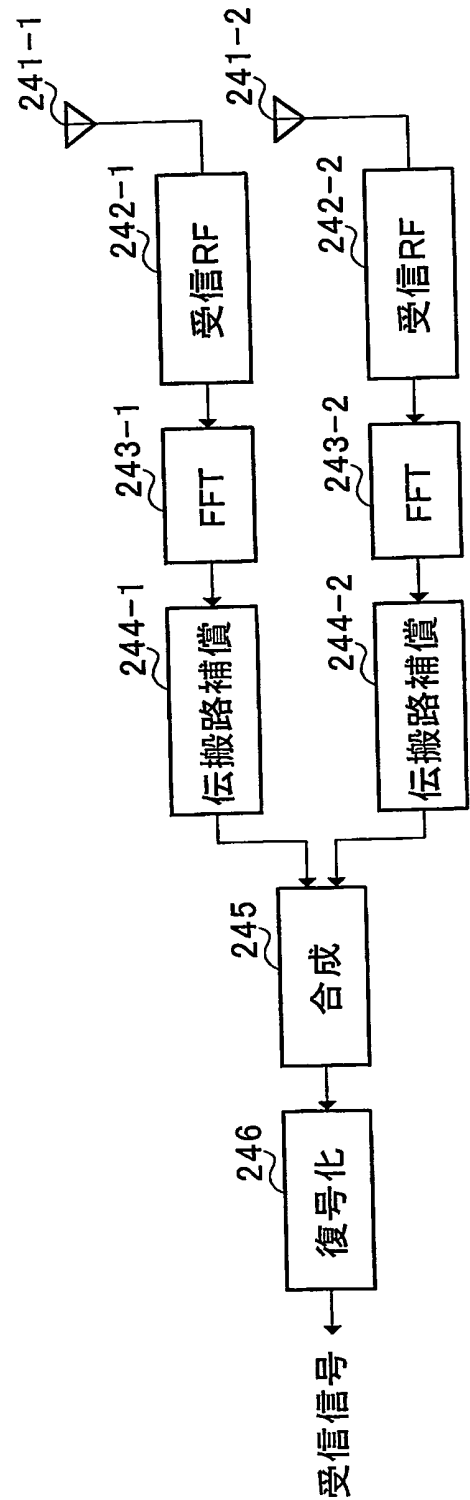


図 30

250 送信系

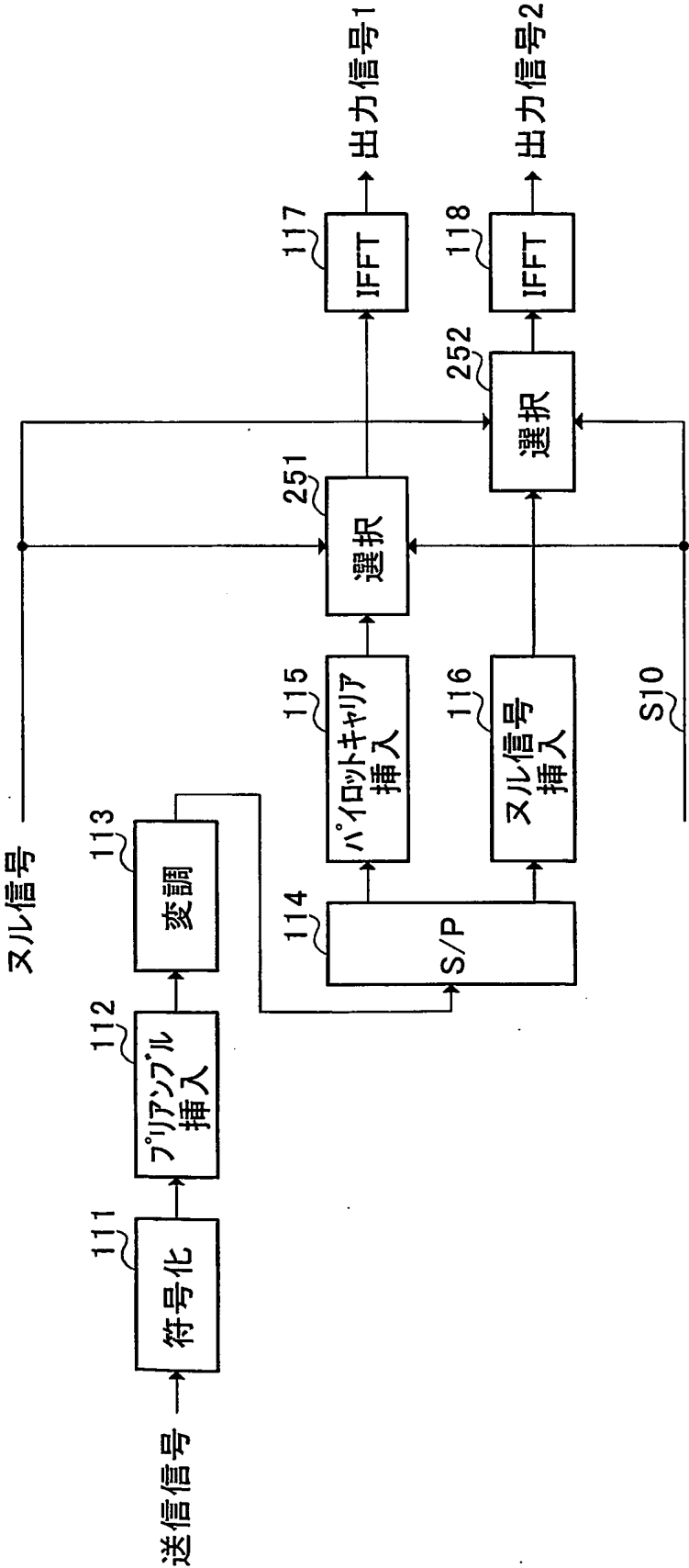


図 31

260 受信系

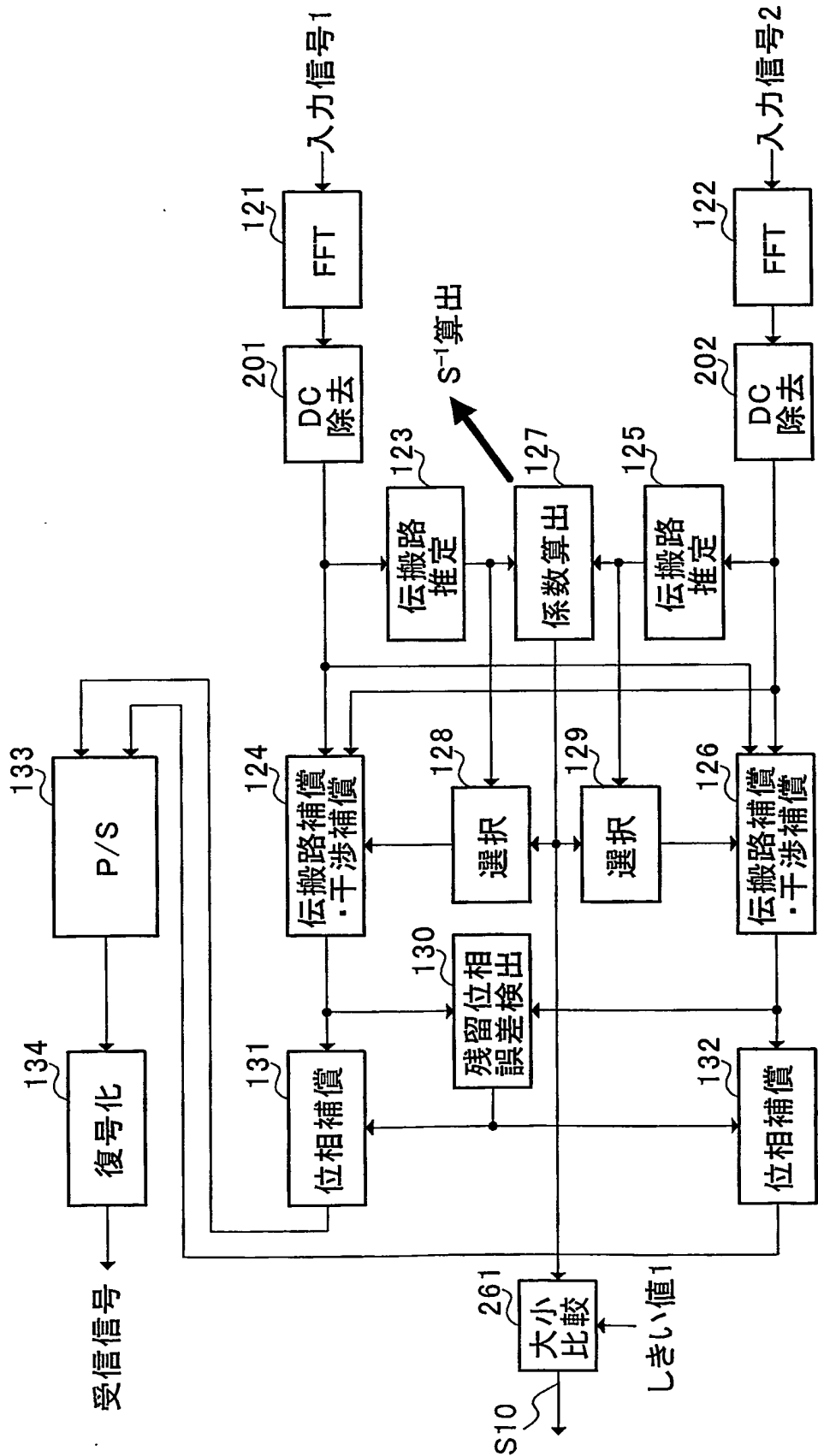
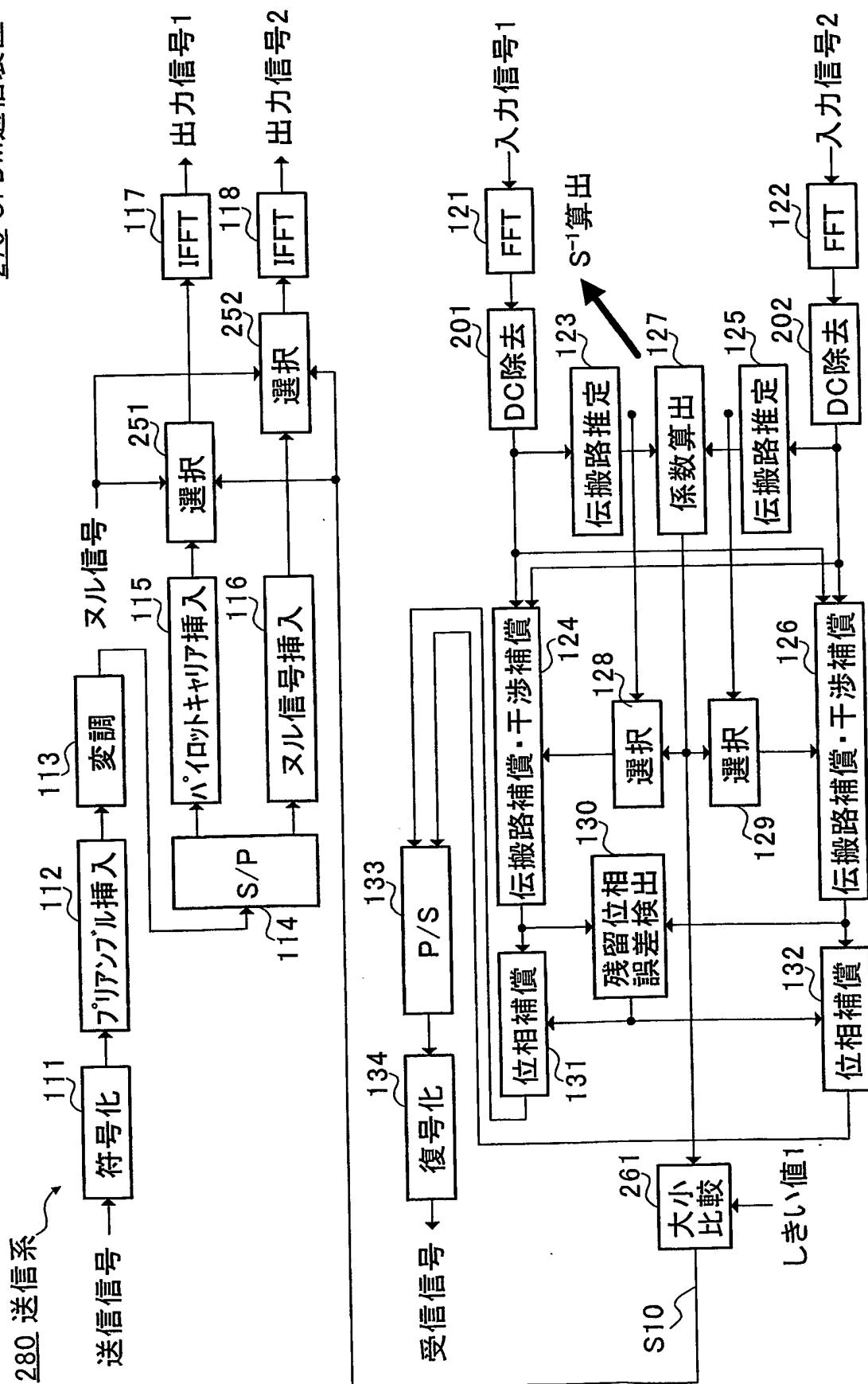


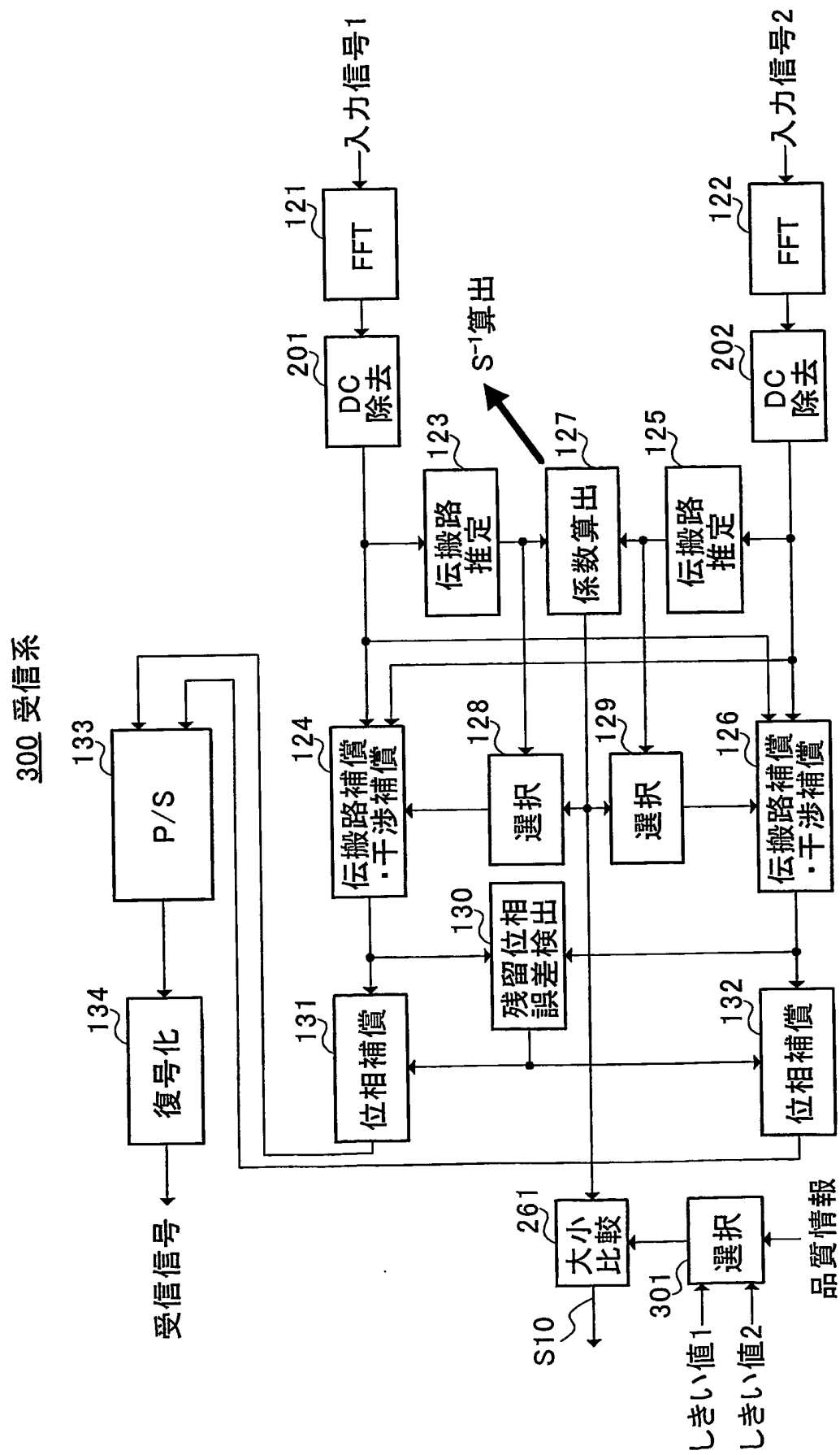
図 32

## 270 OFDM通信装置



33

33/56



34 図

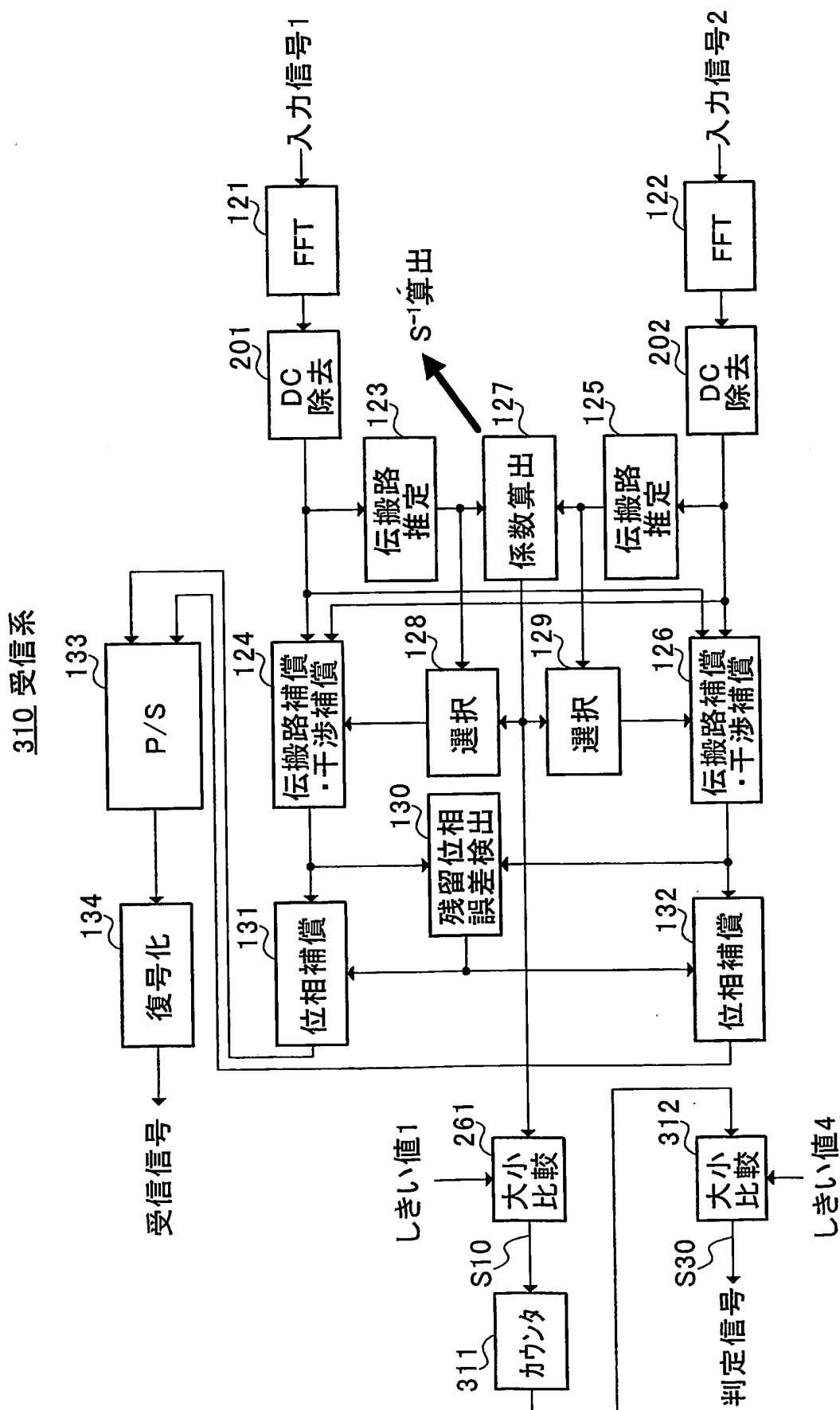


図 35

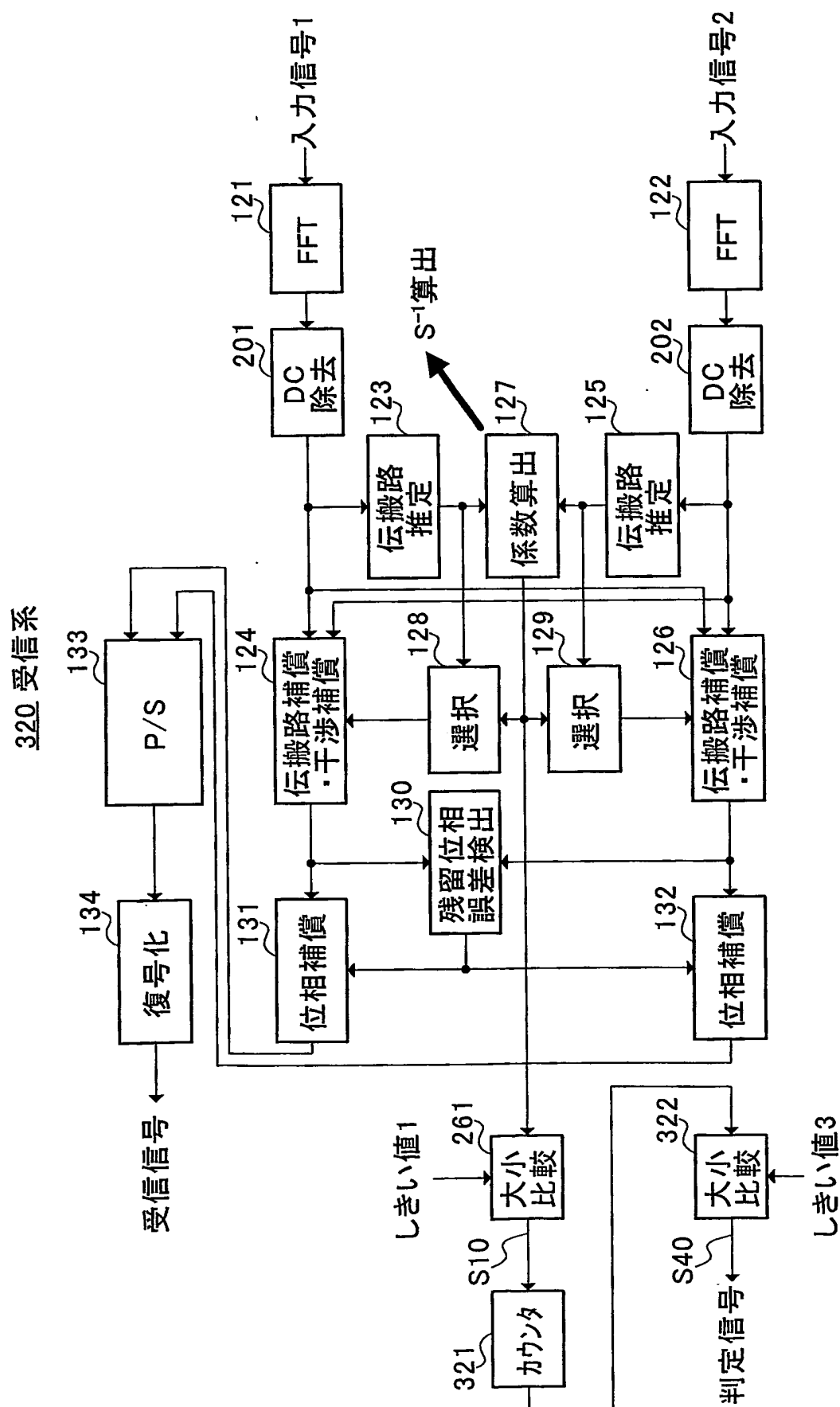


図 36



36/56

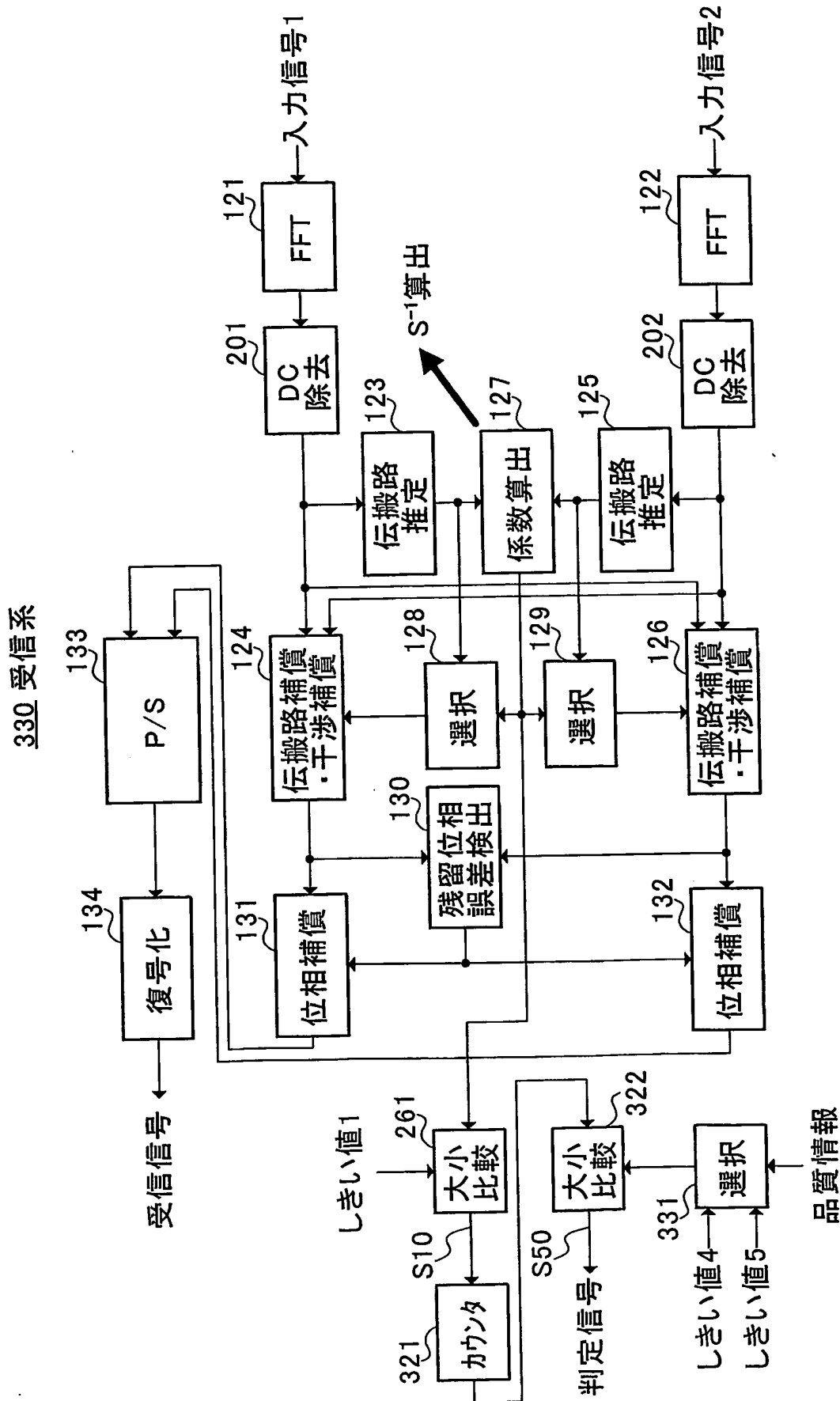
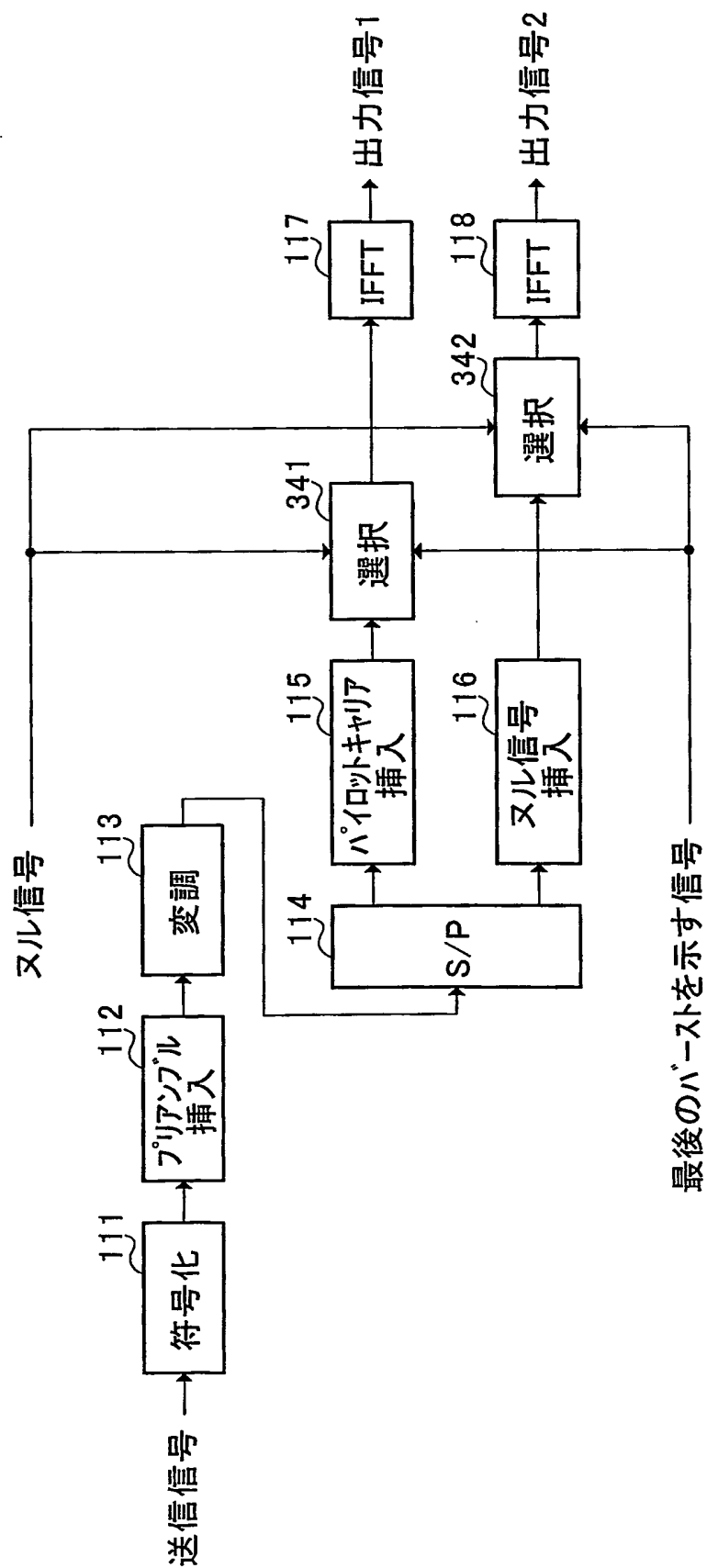


図 37

## 340 送信系



38

350 OFDM通信システム

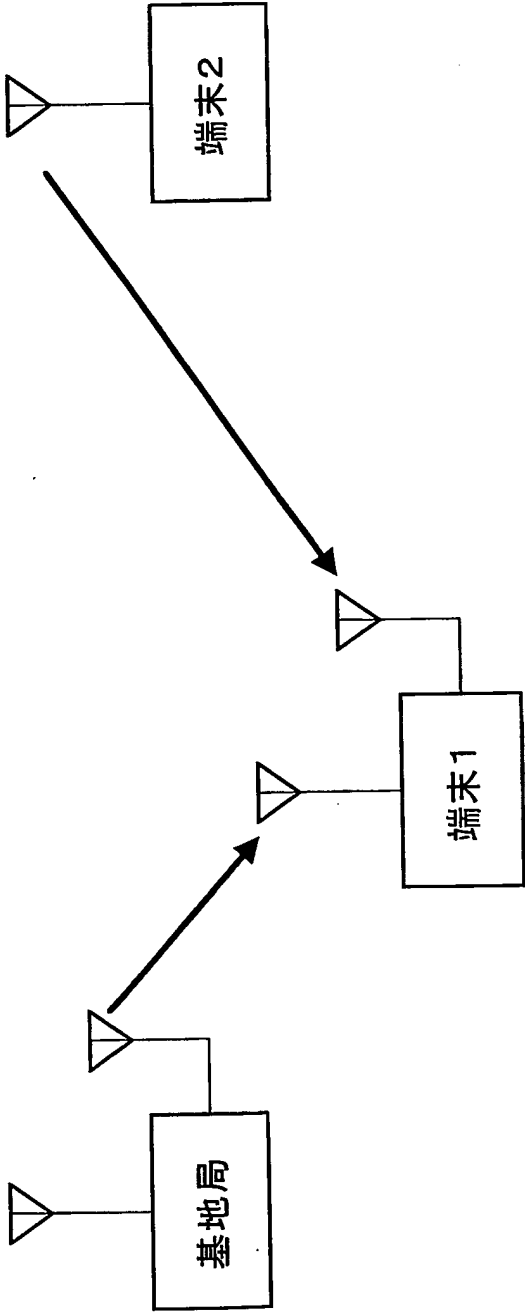


図 39

39/56

## 360 送信系

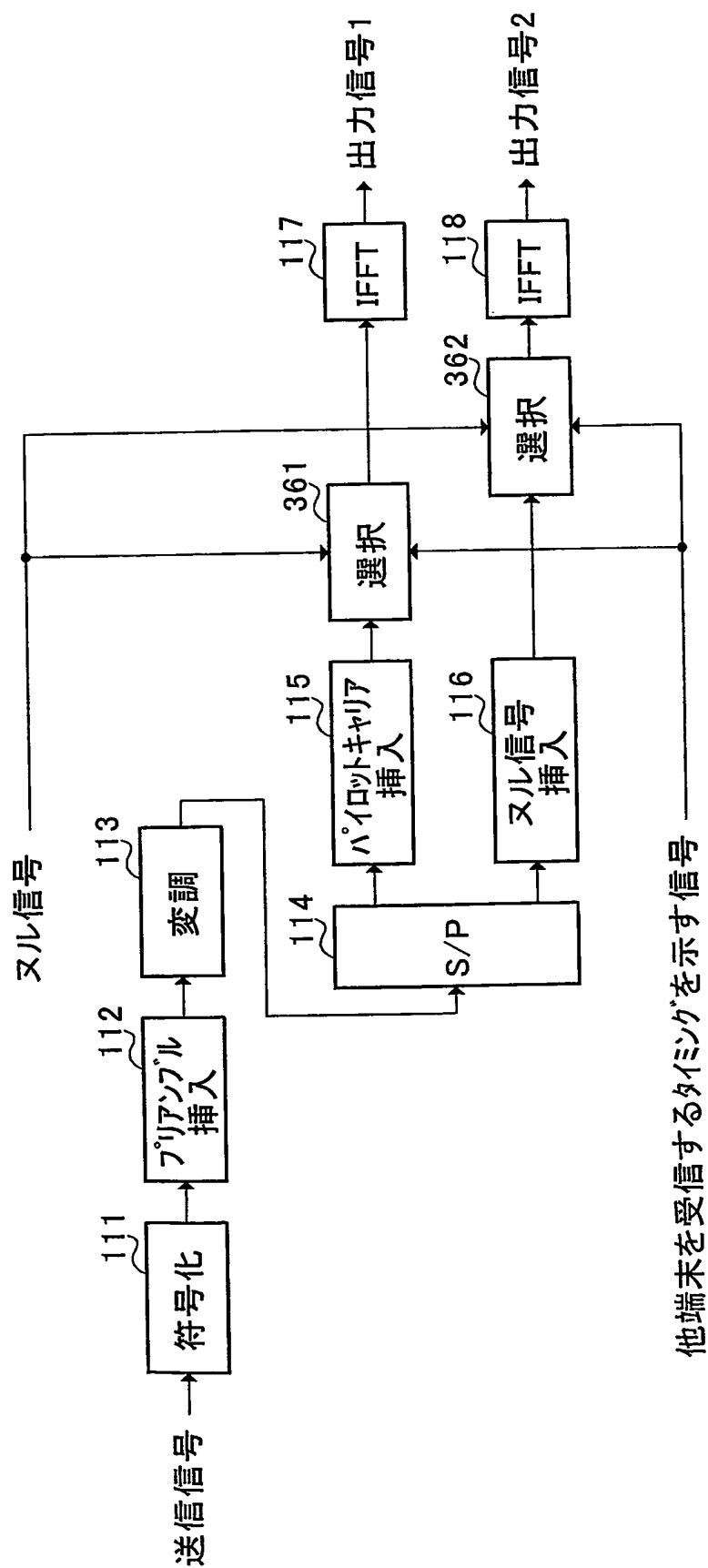
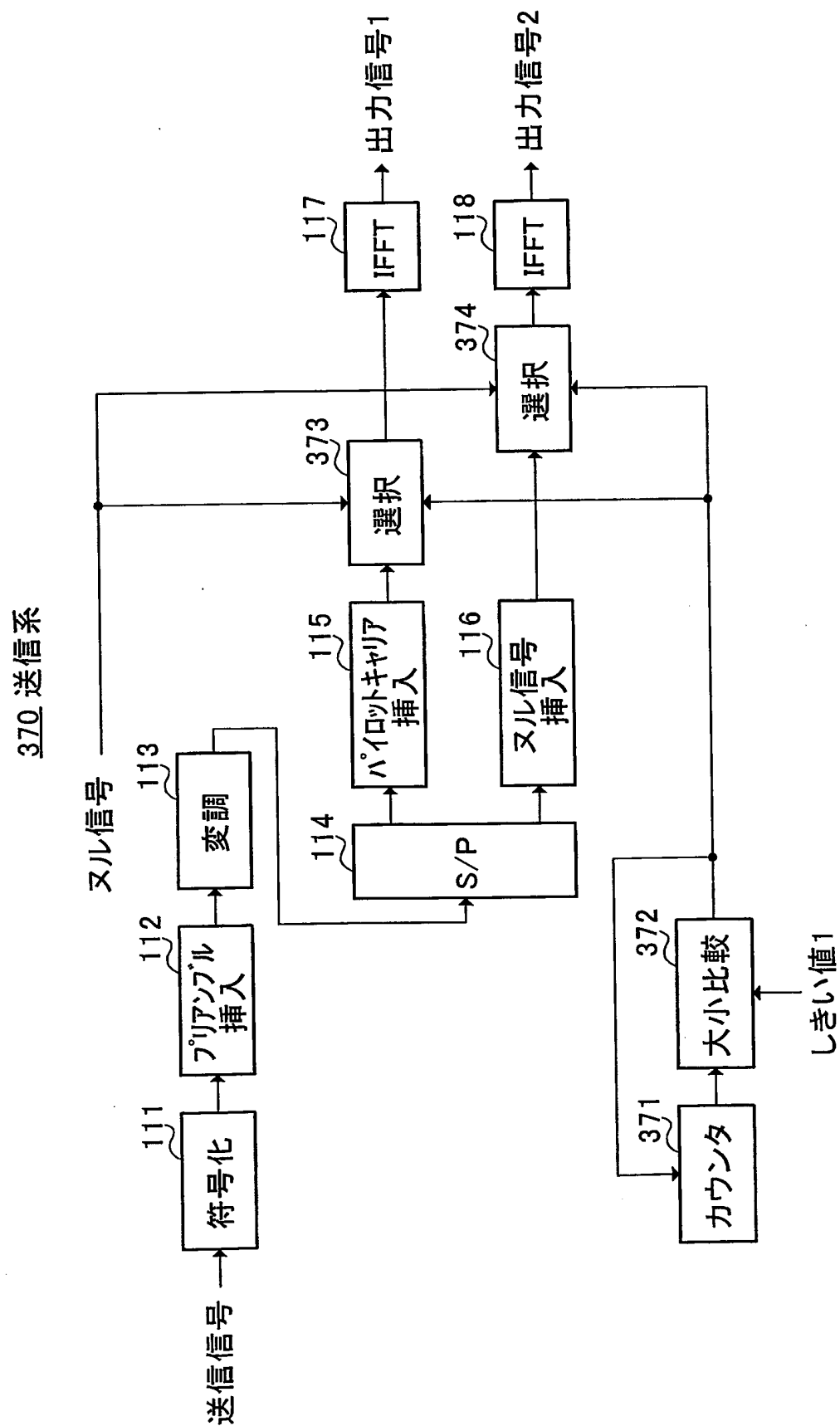


図 40



41 図

41/56

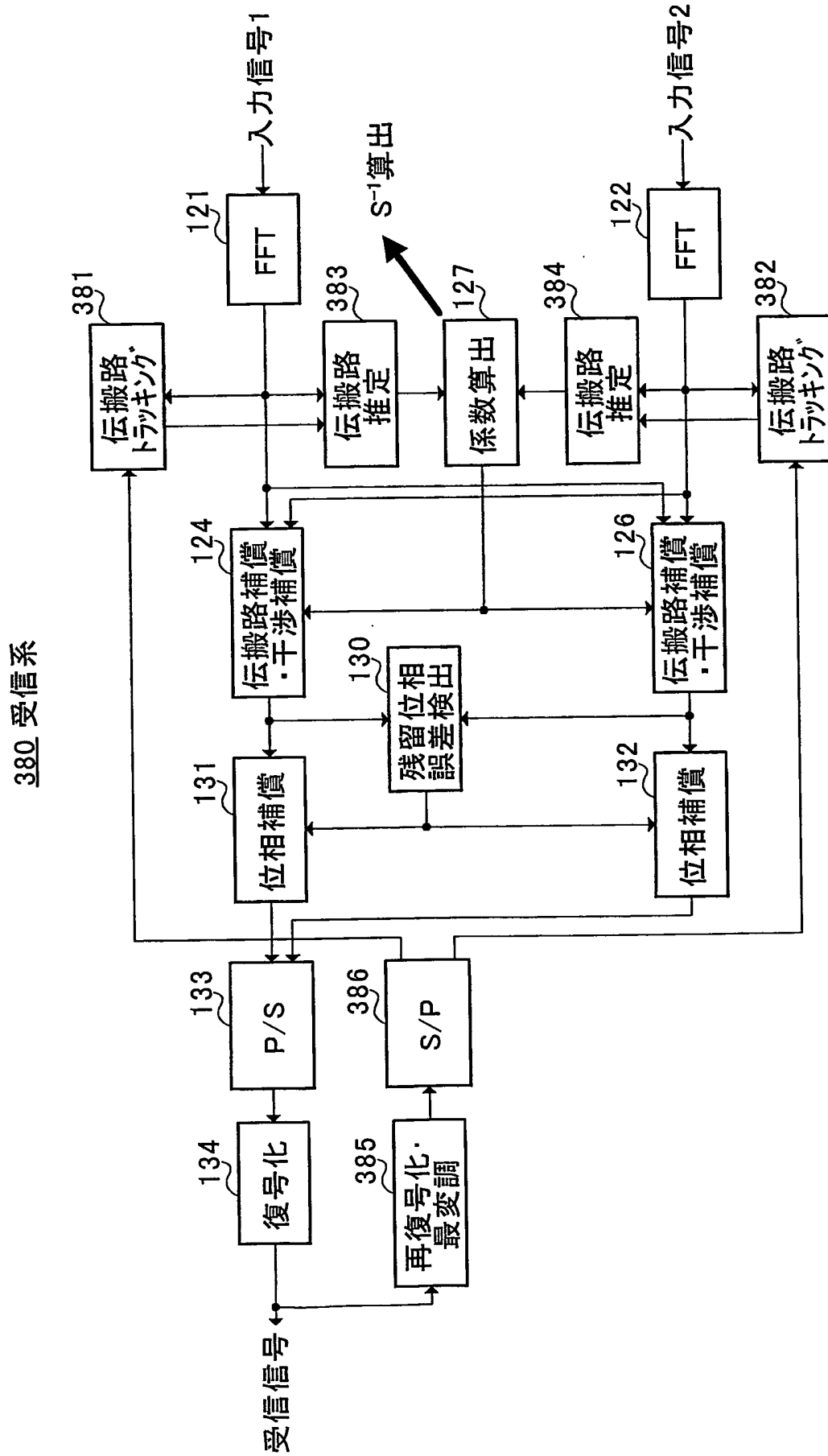


図 42

381 (382) 伝搬路トラッキング部

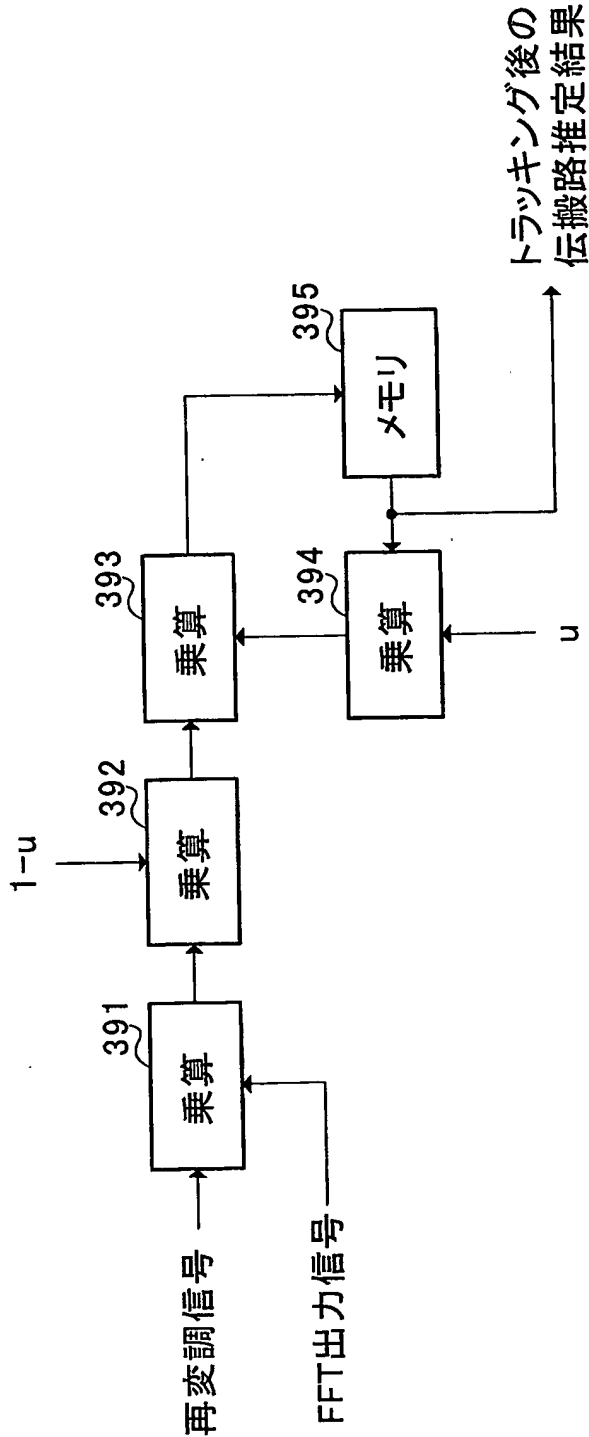


図 43

43/56

## 400 送信系

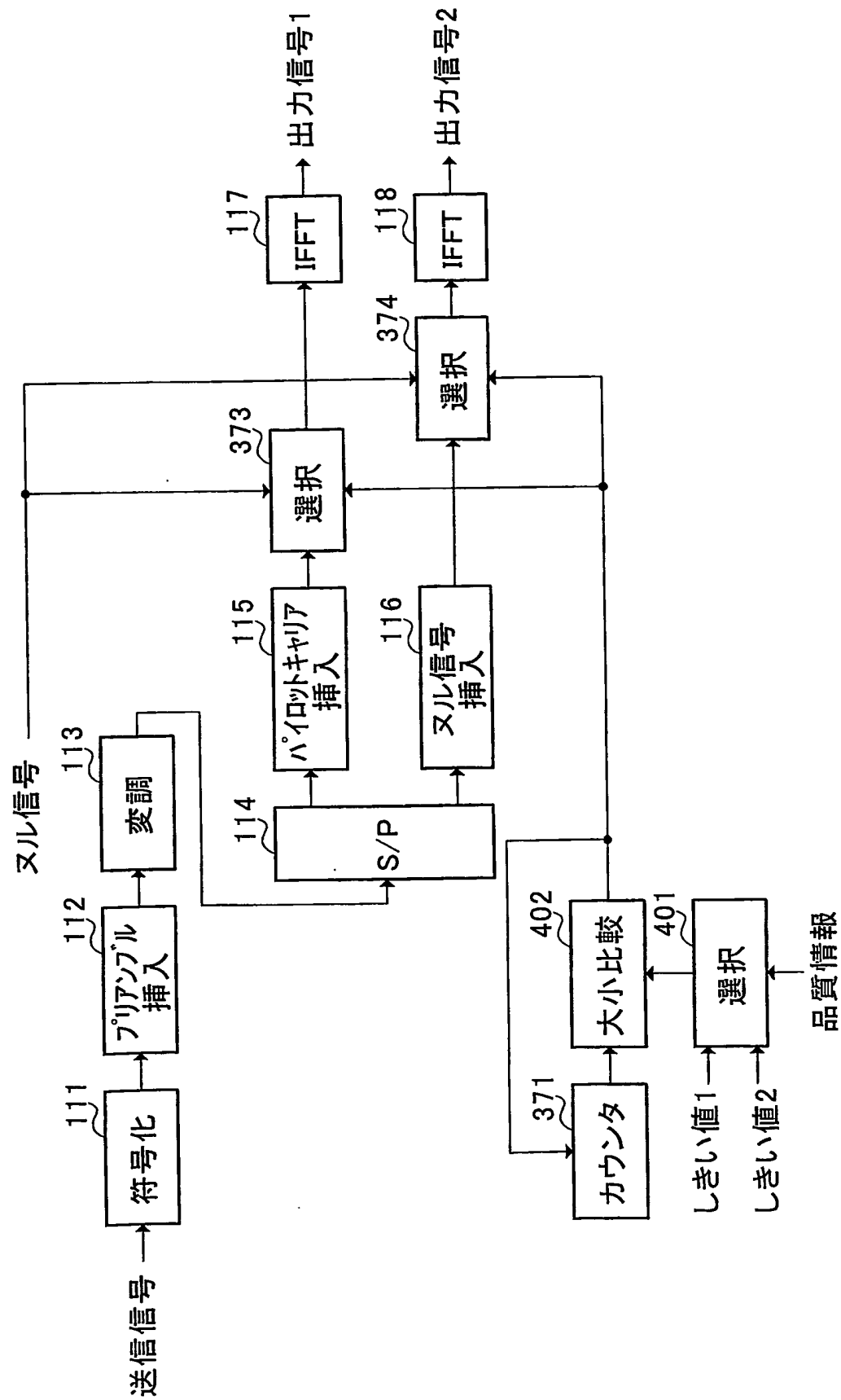


図 44



44/56

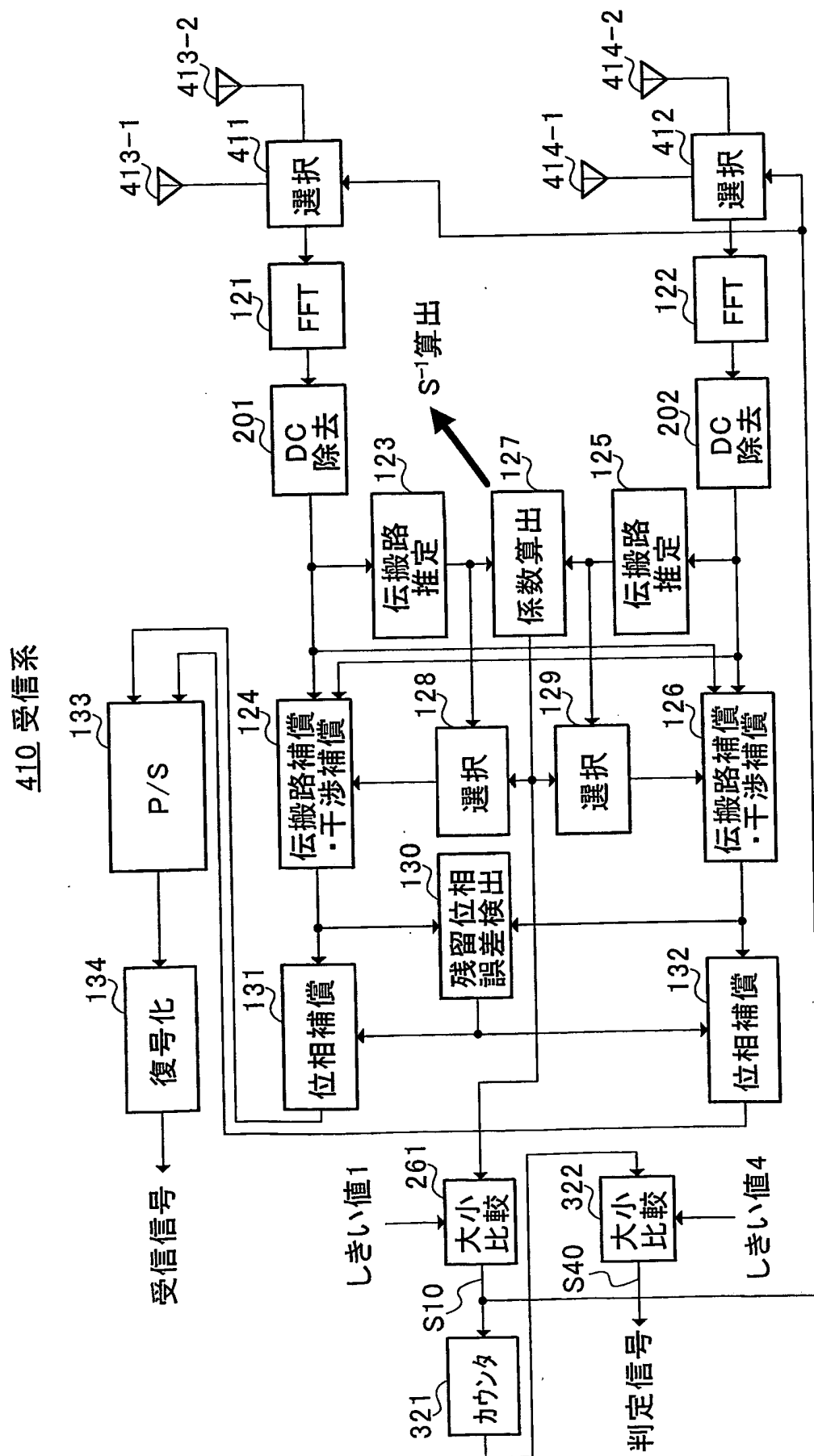


図 45

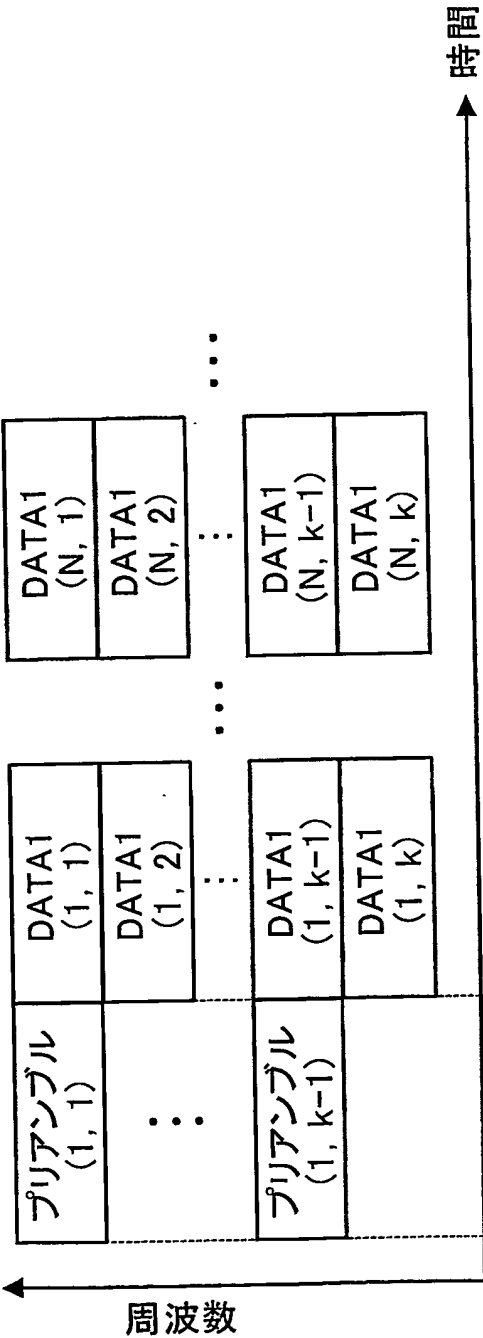


図 46(A)

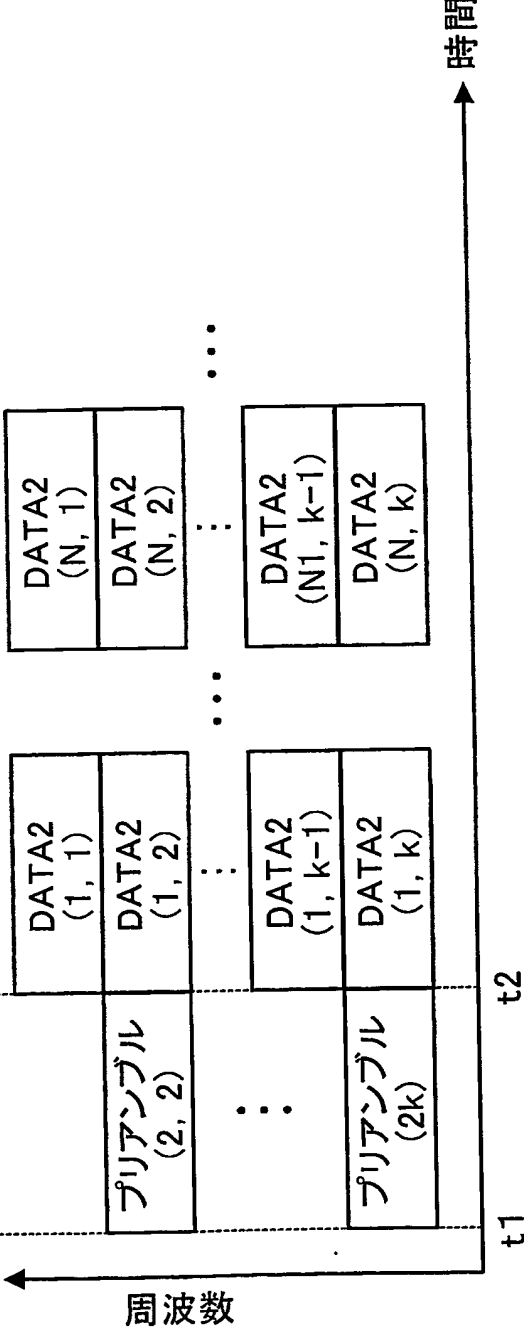


図 46(B)

46/56

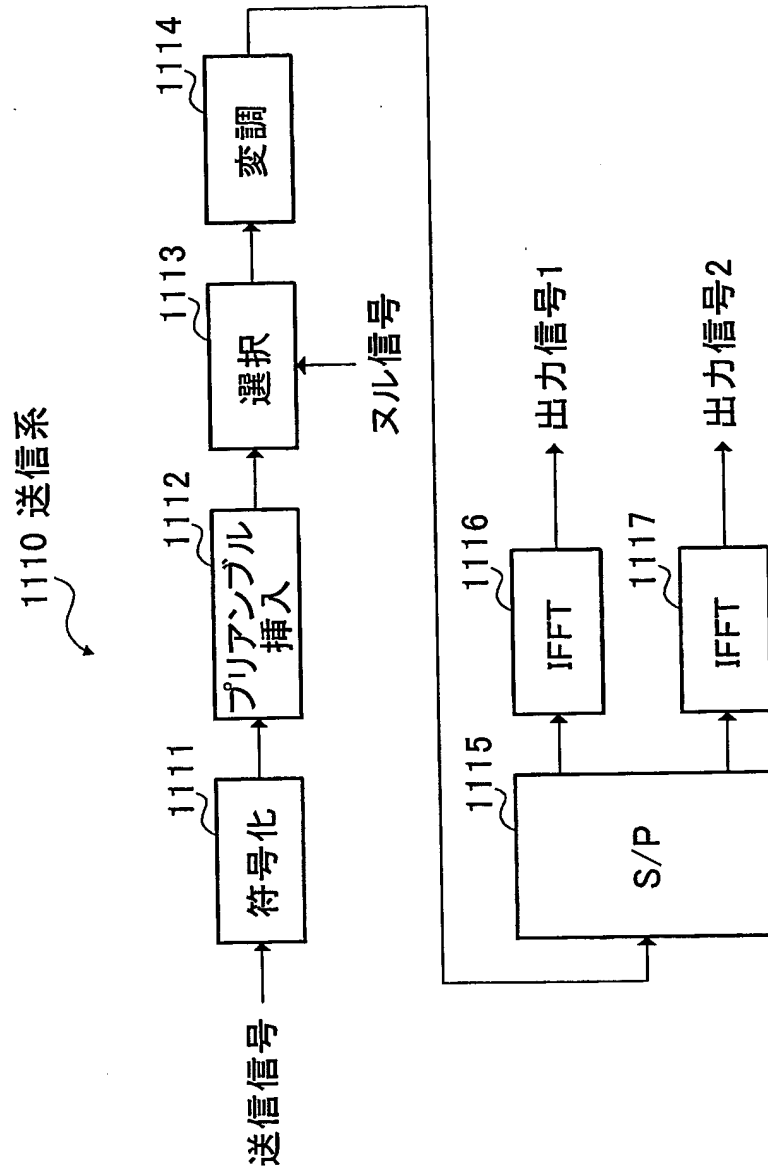


図 47

47/56

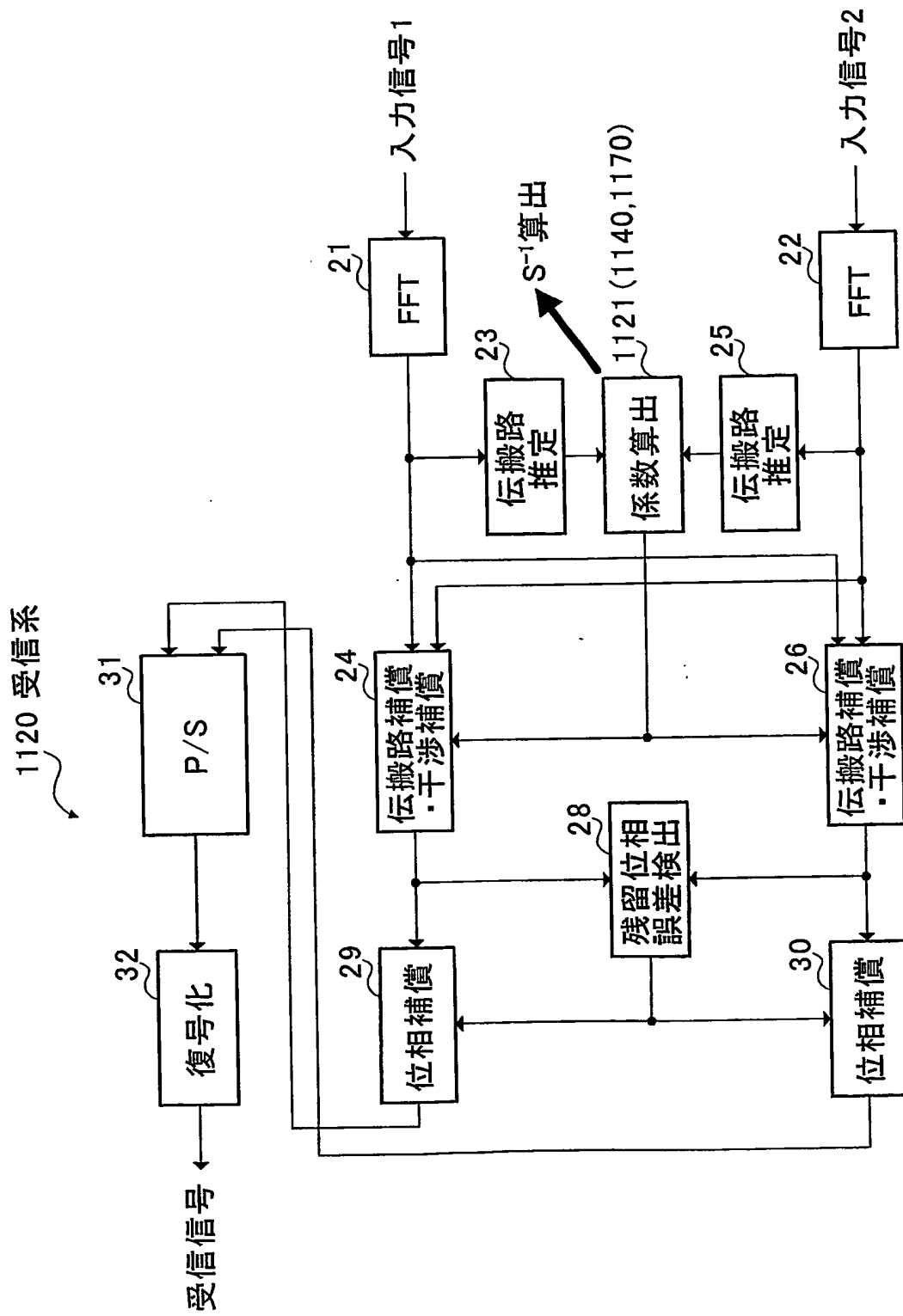


図 48

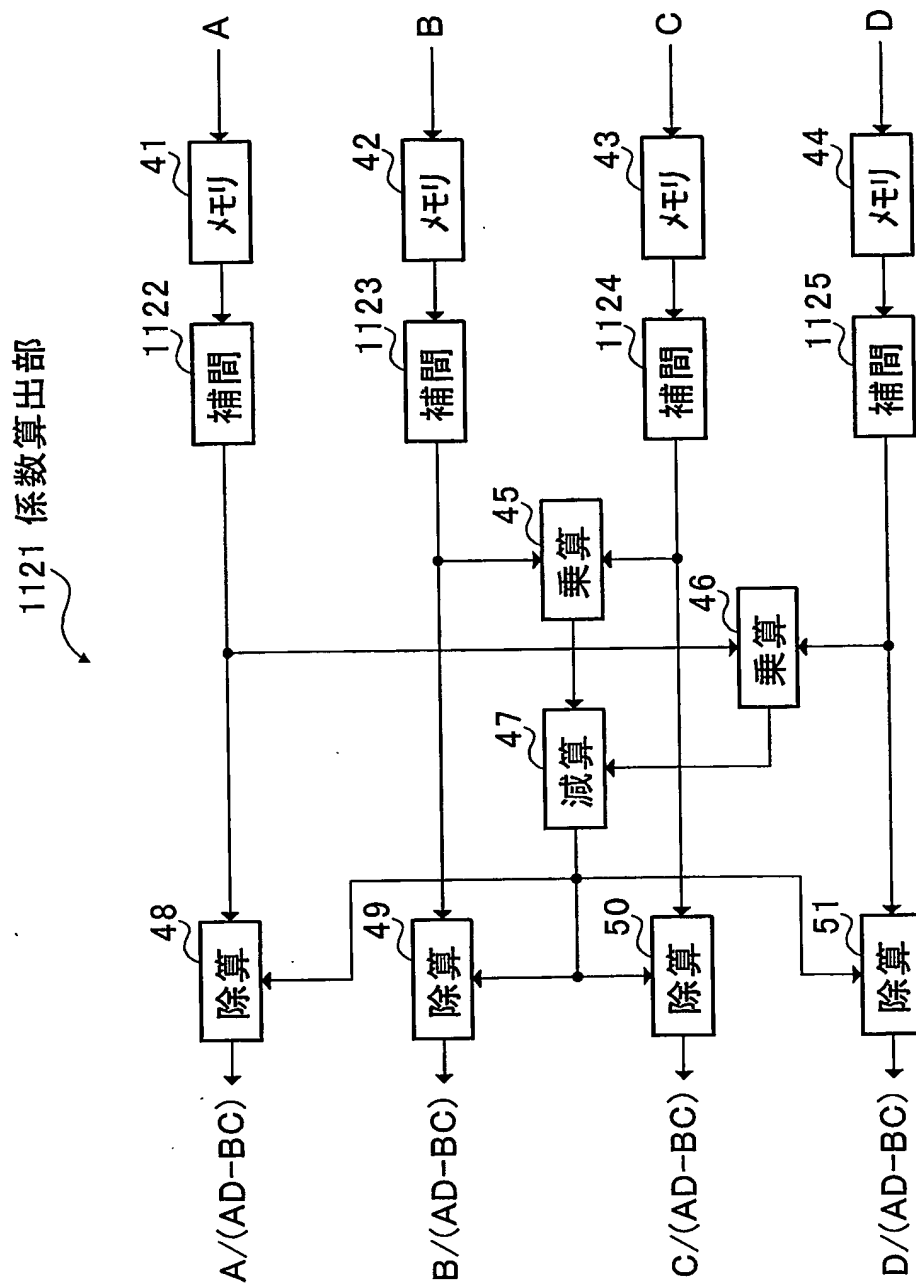


図 49

49/56

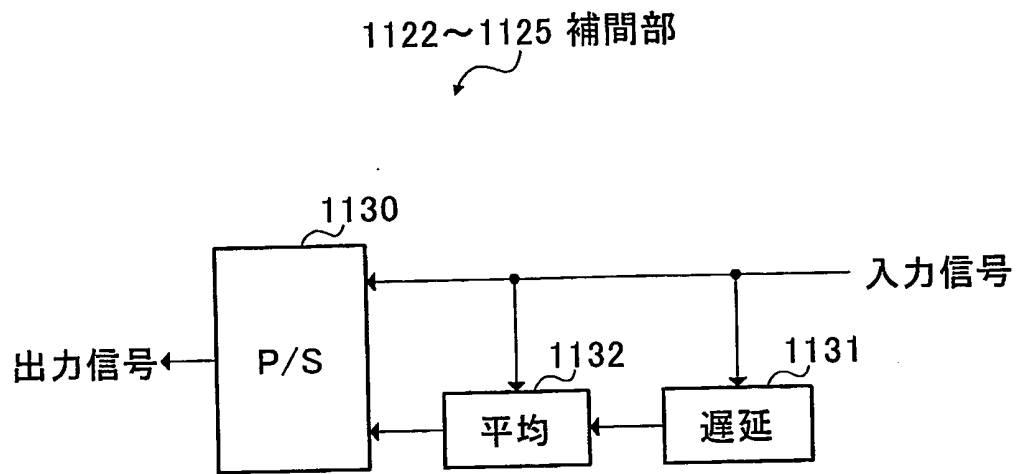


図 50

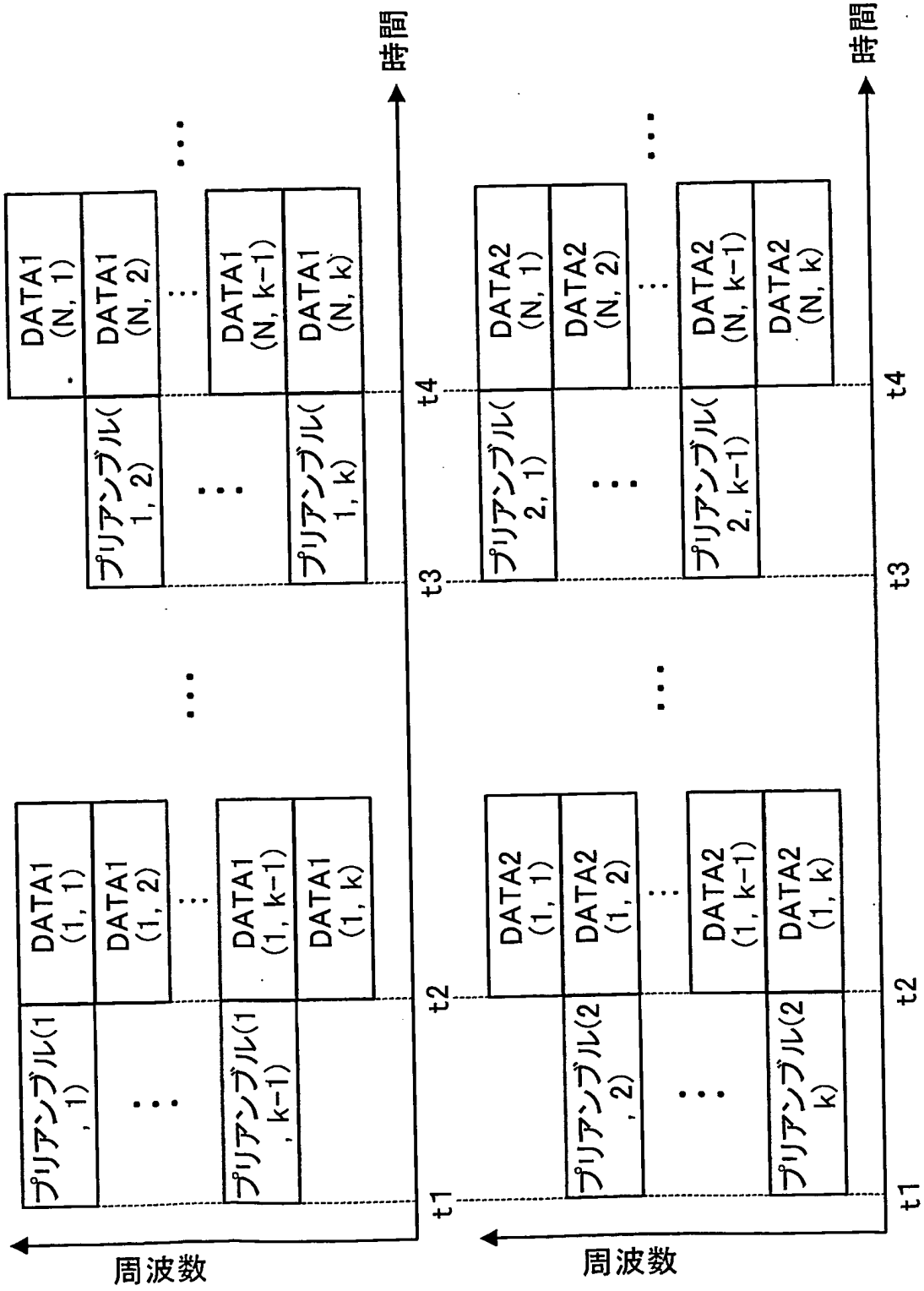


図 51(A)

図 51(B)

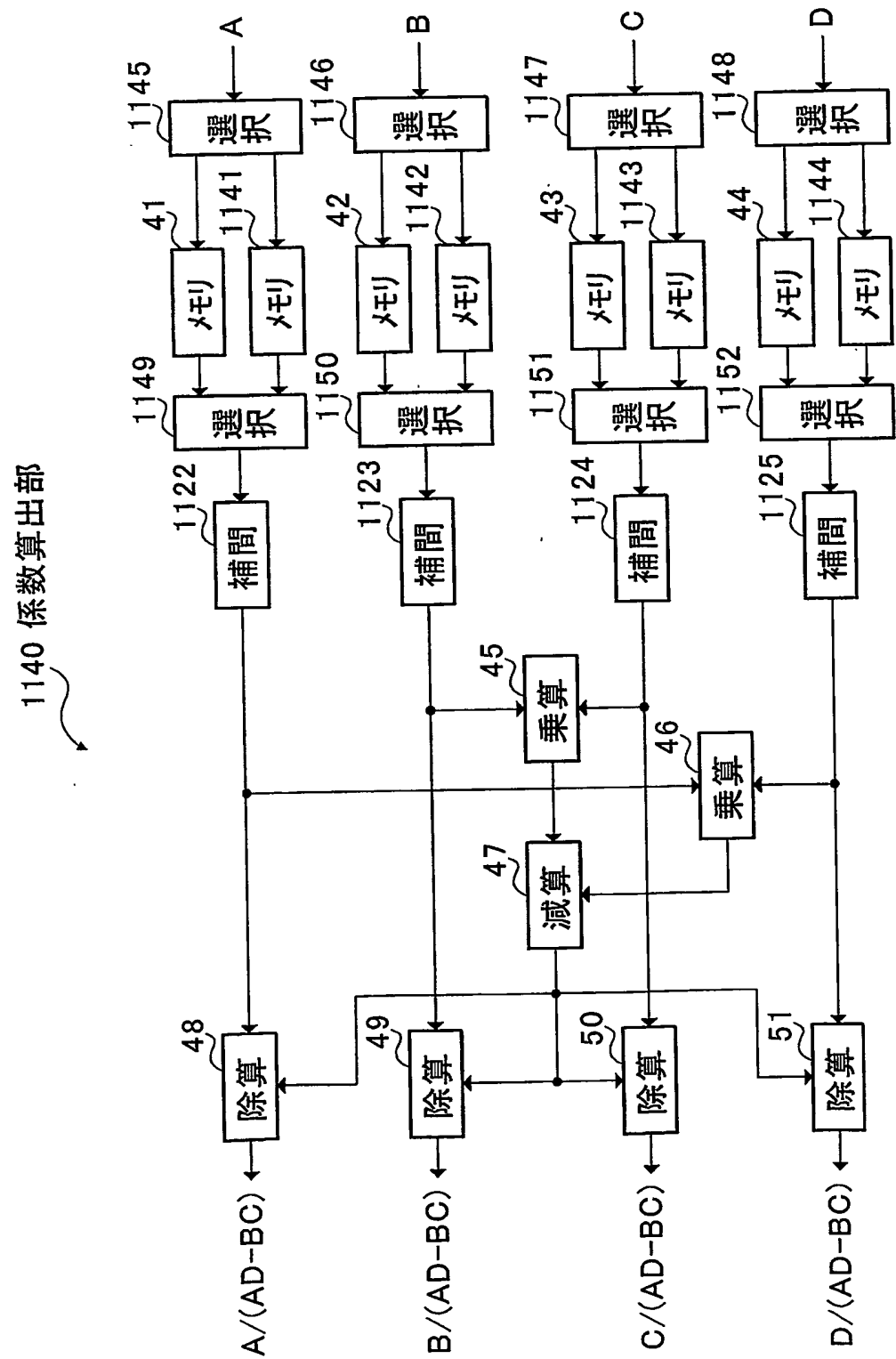


図 52



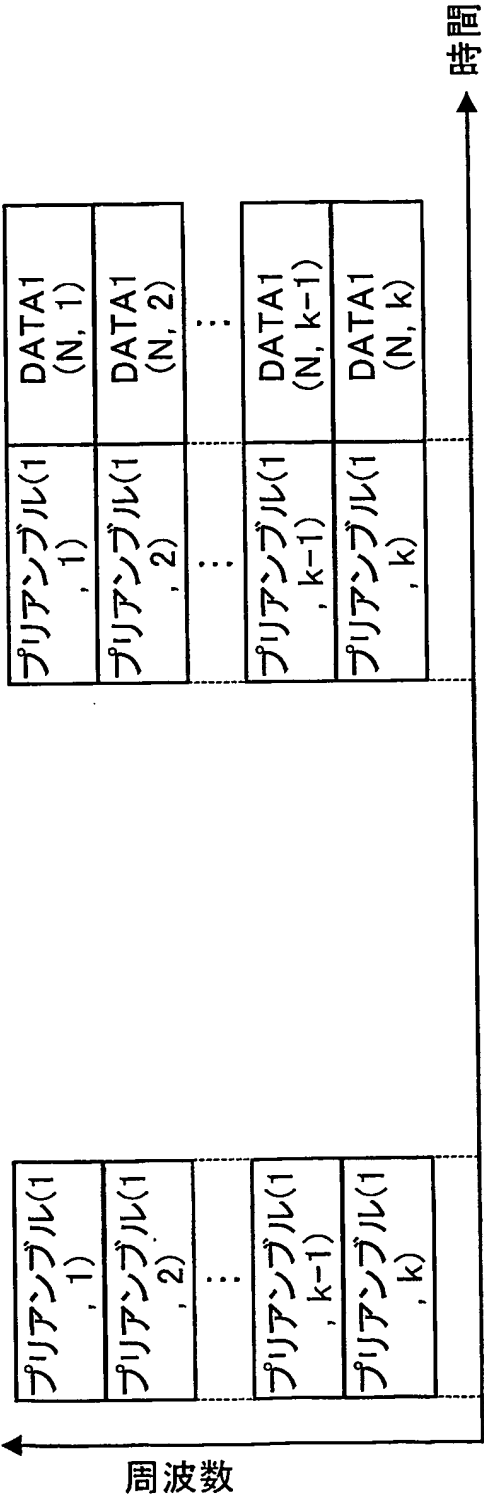


図 53(A)

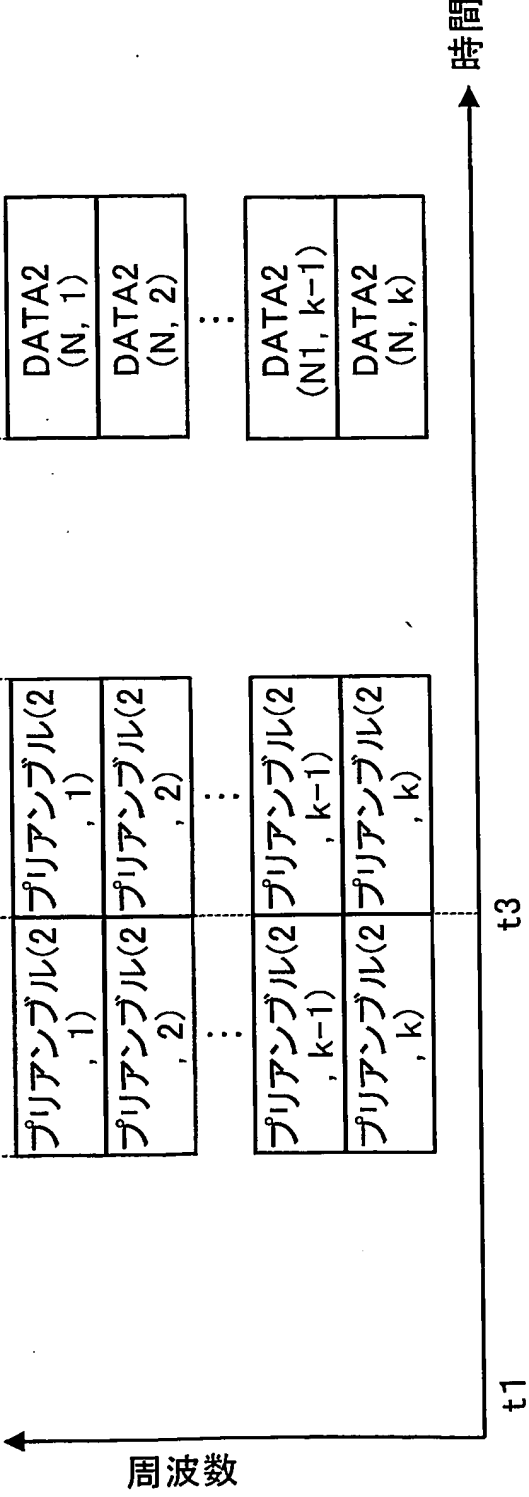


図 53(B)

53/56

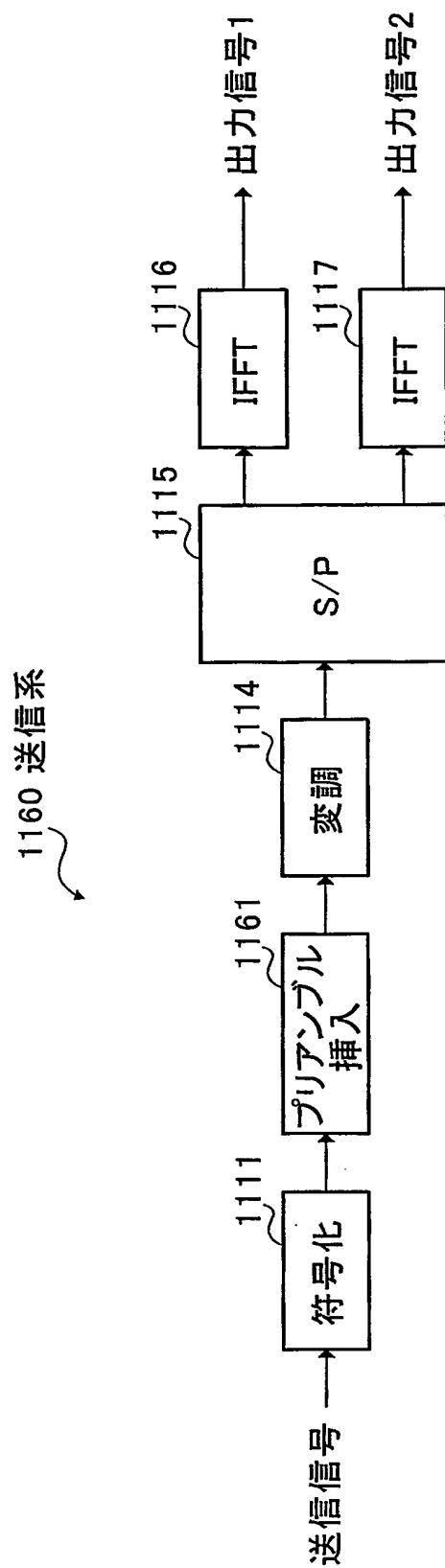


図 54

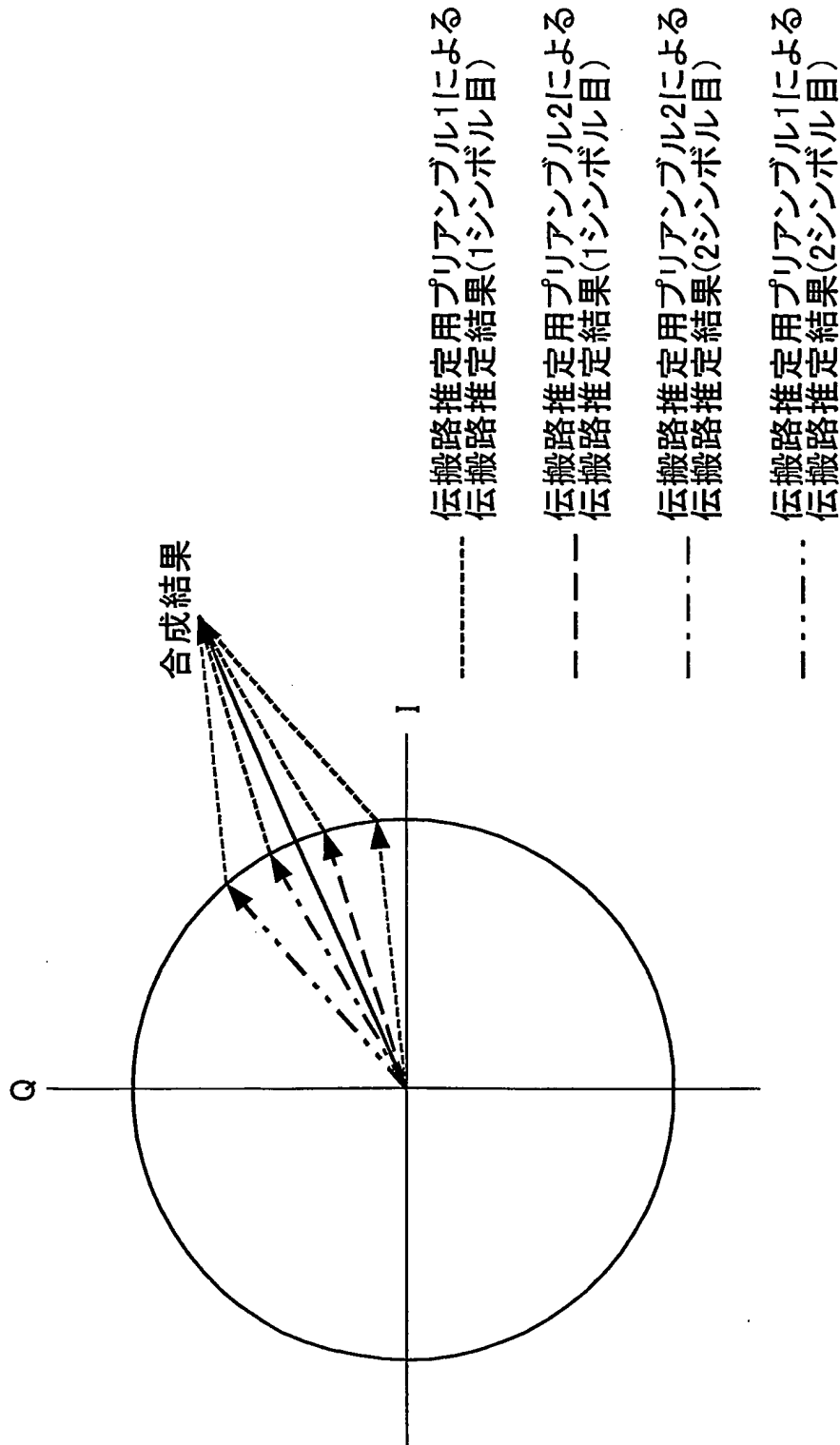


図 55

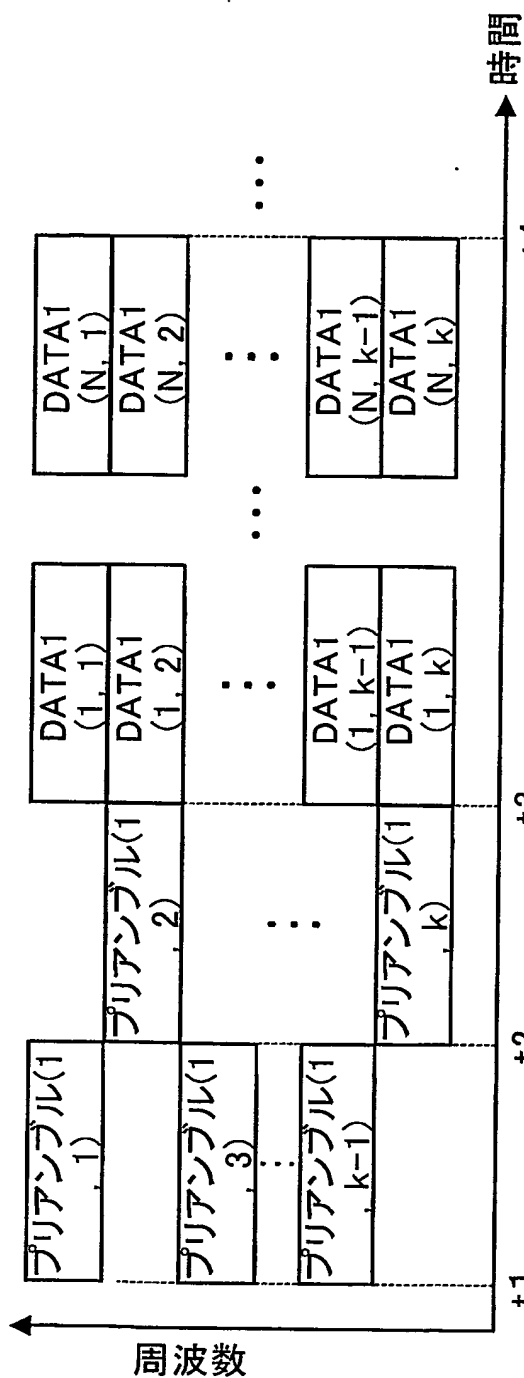


図 56(A)

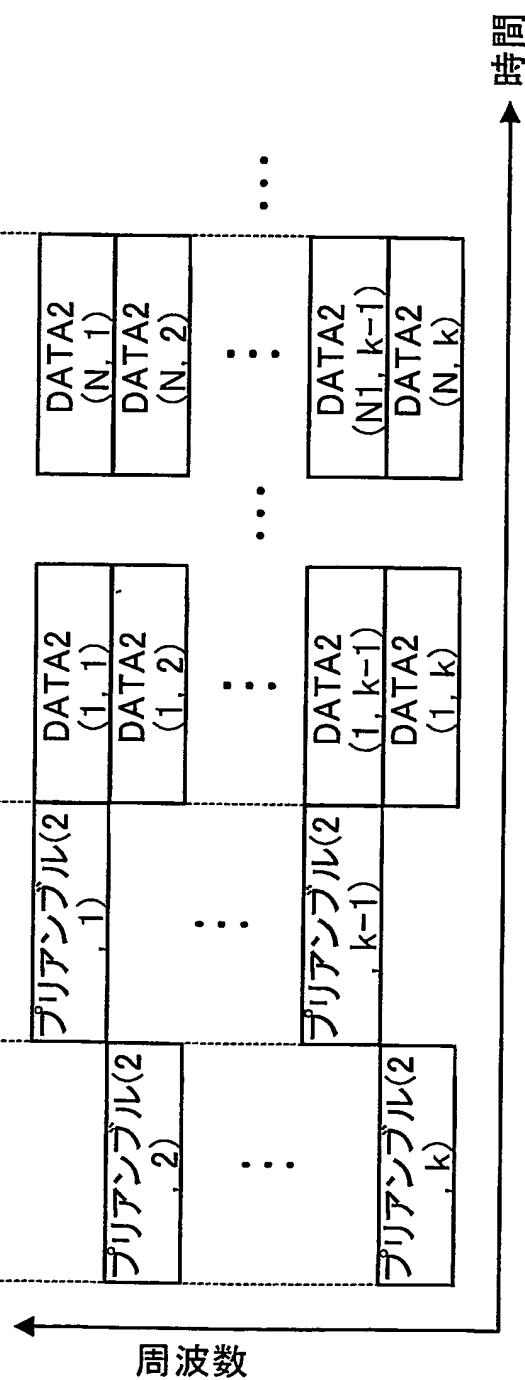


図 56(B)

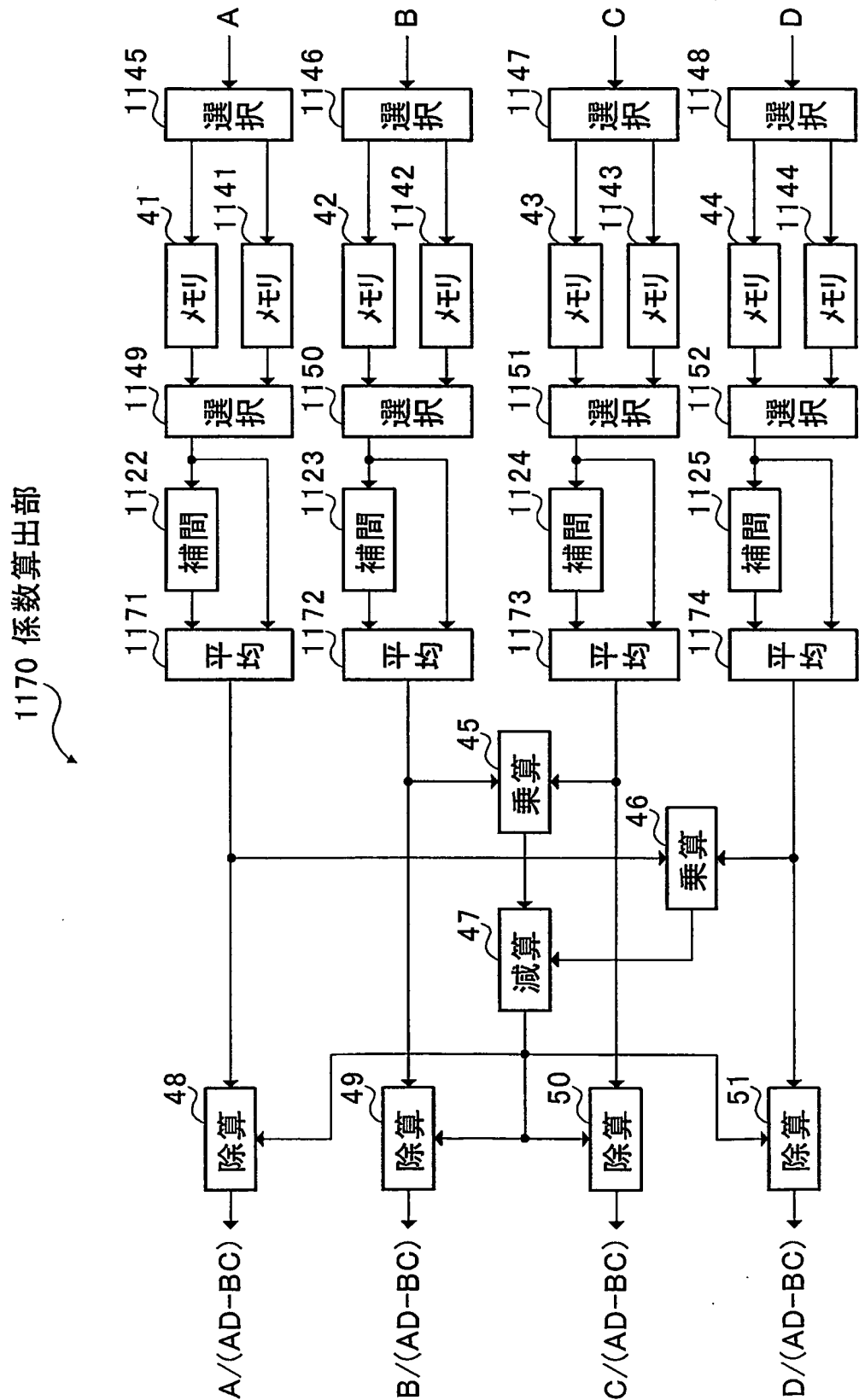


図 57

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/04475

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H04J11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H04J11/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-044051 A (AT & T Corp.), 08 February, 2002 (08.02.02), Full text; all drawings & EP 1158716 A2 & US 2001/0053143 A1 & CN 1325198 A	1-3, 7, 8
A	JP 2001-036442 A (Toshiba Corp.), 09 February, 2001 (09.02.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-3, 7, 8
A	JP 2001-345777 A (Denso Corp.), 14 December, 2001 (14.12.01), Full text; all drawings & US 2002/0018483 A1	1-3, 7, 8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
10 July, 2003 (10.07.03)Date of mailing of the international search report  
22 July, 2003 (22.07.03)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP03/04475

**Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions of claims 1-3, 7, 8 relate to a technique of inserting a null signal into a subcarrier of an OFDM signal in the frequency band corresponding to another subcarrier into which a known signal of an OFDM signal transmitted from one of antennas.

The inventions of claims 4, 5, 9 relate to a technique of transmitting an OFDM signal from only any one antenna when the estimated precision of a reception propagation path is lower than a predetermined value.

The inventions of claims 6, 10 relate to a technique of normally transmitting an OFDM signal from each of the antennas, and of periodically transmitting an OFDM signal from one antenna. (continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1-3, 7, 8

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No.II of continuation of first sheet(1)

The inventions of claims 11-15 relate to a technique of arranging a known signal for estimating a propagation path in one of subcarriers of the same time and the same frequency, a null signal in another one, and a signal for estimating a propagation path in at least one subcarrier of the OFDM signals.



## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H04J11/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H04J11/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2002-044051 A (エイ・ティ・アンド・ティ・ コーポレーション), 2002. 02. 08 全文, 全図 & EP 1158716 A2 & US 2001/0053143 A1 & CN 1325198 A	1-3, 7, 8
A	JP 2001-036442 A (株式会社東芝), 2001. 02. 09 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-3, 7, 8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10. 07. 03

国際調査報告の発送日

22.07.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

高野 洋

5K

9647

電話番号 03-3581-1101 内線 3556

## C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-345777 A (株式会社デンソー) , 2001. 12. 14 全文, 全図 &US 2002/0018483 A1	1-3, 7, 8

## 第Ⅰ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第Ⅱ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるときの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-3、7、8は、複数のアンテナのうちの一つのアンテナから送信されるOFDM信号において既知信号が挿入されたサブキャリアと対応する周波数帯域の他のOFDM信号のサブキャリアにヌル信号を挿入する技術のものである。  
請求の範囲4、5、9は、受信伝搬路推定精度が所定値よりも低い場合には、いずれか一つのアンテナのみからOFDM信号を送信する技術のものである。  
請求の範囲6、10は、通常は複数のアンテナそれぞれからOFDM信号を送信し、周期的に、いずれか一つのアンテナのみからOFDM信号を送信する技術のものである。  
請求の範囲1.1-1.5は、同一時間の同一周波数のサブキャリアについて、1つのサブキャリアに伝搬路推定用既知信号を配置し、他のサブキャリアにはヌル信号を配置すると共に、

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

請求の範囲1-3、7、8

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。  
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

(第II欄の続き)

各OFDM信号で少なくとも1つのサブキャリアには伝搬路推定用信号を配置する技術のものである。